كل شيء عن

٤

الأقمار الصناعية وسفن الفضاء

تأليف : دافيد ديتز

ترجمة : الدكتور محمد جمال الدين الفندي

الأقمار الصناعية
وسفن الفضاء

(طبعة محدَّثة)

نشر هذا الكتاب بالاشتراك
مع
الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافة العالمية
القاهـرة

الطبعة الأولى : سنة ١٩٦٢
الطبعة الثانية : سنة ١٩٦٦
الطبعة الثالثة : سنة ١٩٧١
الطبعة الرابعة : سنة ١٩٧٦
الطبعة الخامسة : سنة ١٩٧٧
الطبعة السادسة : سنة ١٩٩٠
الطبعة السابعة : سنة ١٩٩٢

كل شيء عن
(٤)

الأقمار الصناعية وسفن الفضاء

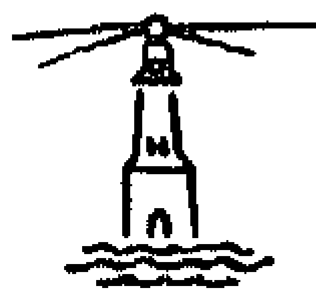
(طبعة محدَّثة)

تأليف

داڤيد ديتز

ترجمة

الدكتور محمد جمال الدين الفندى



دار المعارف

الناشر : دار المعارف - ١١١٩ كورنيش النيل - القاهرة ج.م.ع.

المشتركون فى هذا الكتاب

المؤلف: داڤيد ديتز

من علماء الطليعة فى تبسيط العلوم، وعضو فى هيئة تحرير مطبعة كليفلاند، ورئيس تحرير الجانب العلمى فى صحف سكربس هوارد. نال عدة جوائز من بينها جائزة بوليتزر فى الصحافة، وجائزة وستنجهاوس للكتابة العلمية الممتازة. وهو زميل بالجمعية الأمريكية لتقدم العلوم، وأكاديمية أوهايو للعلوم، والجمعية الملكية للعلوم الفلكية فى إنجلترا، والجمعية الأمريكية للعلوم الفلكية، والجمعية الفرنسية للعلوم الفلكية.

نشرت له عدة كتب من بينها «قصة العلم» و«الطاقة الذرية فى العصر القادم» و«العلوم الذرية، بين القنابل والطاقة».

المترجم: الدكتور محمد جمال الدين الفندى

أستاذ الطبيعة الجوية بكلية العلوم بجامعة القاهرة. تخرج فى كلية العلوم، جامعة القاهرة، فى الطبيعة مع مرتبة الشرف الأولى، ثم حصل على دبلوم معهد الأرصاد الجوية من لندن سنة ١٩٣٨. حصل على الدكتوراه فى فلسفة العلوم سنة ١٩٤٦. نال جائزة الدولة فى العلوم عامى ١٩٤٧، ١٩٥٠. له أكثر من واحد وعشرين بحثًا ومؤلفًا بالإنجليزية، كما أن له مؤلفات عدة بالعربية فى موضوع العلوم المبسطة، منها: «الصعود إلى المريخ» و«الغبار الذرى» و«قوى الطبيعة فى خدمتك» و«طبيعيات الجو وظواهره» و«قصة الكون» و«التنبؤ بفيضان النيل». ترجم كتاب «سكان السماوات» وكتاب «كل شىء عن الجو وتقلباته» وكتاب «رواد الصواريخ» وكتاب «القمر لصغار المستكشفين» وكتاب «ألف باء الفضاء» وهى من الكتب التى نشرتها الجمعية.

مصمم الغلاف: إيهاب شاكر

محتويات الكتاب

١ - فجر عصر الفضاء

منذ سنوات معدودات بزغ فجر عصر جديد مثير فى تاريخ العالم، ينبشر بظهور الآيات والأعاجيب أكثر من أى عصر مضى، ألا وهو: عصر الفضاء.

ففى الأجيال الماضية قام نفر من الرواد الشجعان بعبور المحيطات، وارتياد الصحارى والقفار، وتسلق قمم الجبال الشامخة على الأرض، فوصلوا فى مغامراتهم إلى القطبين الشمالى والجنوبى، وصعدوا إلى قمة جبل إفرست، كما توغلوا داخل الغابات الكثيفة، وارتفعوا إلى طبقة الستراتوسفير فى أعالى الجو داخل الطائرات والمناطيد، وغاصوا إلى أعماق المحيطات فى ثياب الغوص الخاصة.

واليوم يعدّ البشر عدتهم لإنجاز أكبر المغامرات خطراً، وأعظمها أثراً فى ميدان الكشف، ألا وهى: غزو الفضاء. وتتجه الأفكار أول ما تتجه إلى المريخ والزهرة بعد أن تم الوصول إلى القمر.

ونحن نستطيع أن نقرر أن العلماء قد فرغوا من رسم الخطط اللازمة لبناء سفن الفضاء المعدة لقطع تلك المسافات الشاسعة التى تفصل أرضنا عن الكواكب وفى مقدمتها تلك الكواكب القريبة منا مثل الزهرة التى تغطى سماؤها بأنواع مختلفة من السحب، ومثل المريخ ذلك الكوكب الأحمر. ولقد أنجزت بعض هذه الخطط على فرض أن تدفع سفن الفضاء باستخدام نفس أنواع الوقود التى تستخدم الآن فى إطلاق الصواريخ، إلّا أن كثيراً من العلماء اتجهوا أخيراً إلى تصميم طائفة جديدة من سفن الفضاء التى يمكن أن تستغل الطاقة الذرية فى دفعها.

ومن الوجهة التاريخية تمت أول خطوة فى سبيل غزو الفضاء عام ١٩٤٩، عندما حلق صاروخ من مرحلتين على ارتفاع ٤٠٠ كيلومتر أطلقته القوات المسلحة الأمريكية. أما المرحلتان فكان قوامهما صاروخاً كبيراً من نوع ف ٢ بلغ طوله ١٢ متراً ووزنه ١٤ طنًا، وآخر صغيراً نسبيًا طوله ٤,٨ متراً، كان يعرف باسم واك كوربورال، ثبت فى مقدمة الصاروخ ف ٢. واندفعت المجموعة تصعد إلى عنان السماء تحت تأثير قوى الدفع العظيمة التى ولدها الصاروخ ف ٢ عند

إطلاقه. وعلى ارتفاع ٣٢ كيلومتراً من سطح الأرض، تم إطلاق الصاروخ واك كوربورال بطريقة آلية، وفى الوقت نفسه، تم انفصاله عن مقدمة الصاروخ ف ٢.

وبهذه الطريقة (طريقة تعدد المراحل) استطاع الصاروخ الصغير أن يتحرك بسرعة ٨٠٠٠ كيلومتر فى الساعة، وأن يحلق إلى علو ٤٠٠ كيلومتر كذلك، كل ذلك بفضل السرعة الابتدائية التى أكسبها إياه الصاروخ ف ٢*. وعندما بلغ قمة المسار كان قد خلف وراءه أكثر من ٩٩٪ من الغلاف الهوائى، أى إنه كان من وجهة النظر العملية قد دخل فعلا فى نطاق ما قد نسميه الفراغ، أو الفضاء الكونى. فعلى علو ٤٠٠ كيلومتر تصل رقة الجو درجة يصبح معها العدد القليل من جزيئات الهواء الموجودة فى حيز ما مماثلاً للعدد الضئيل الذى يتبقى داخل أنابيب الراديو والتليفزيون المفرغة.

وعندما نشرت الجرائد أخبار تحليق واك كوربورال إلى مشارف الفراغ الكونى، لم يقابل الجمهور ذلك الخبر باهتمام يذكر، ومرّ عليه مرّ الكرام؛ فقد كان الشعور السائد أن أسفار الفضاء مازالت ضئيلة الاحتمال بعيدة المنال، إلا أن هذه الفكرة تغيرت تماماً عندما نجحت الخطوة الثانية فى سبيل غزو الفضاء، فقد قام العالم وقعد بمجرد نشر أخبارها التى كانت فى الواقع أول نبأ مثير منذ تفجير القنبلة الذرية إبان الحرب العالمية الثانية.

وتمت الخطوة الثانية هذه فى الرابع من أكتوبر عام ١٩٥٧، عندما نجحت روسيا فى إطلاق أول قمر صناعى على هيئة كرة معدنية قطرها نحو ٥٨ سنتيمتراً ووزنها ٨٣,٦ كيلوجرام. وسرعان ما عرف البشر فى شتى أرجاء الأرض اسمه الروسى «سبوتنك». والحق أنه لم يسبق أن اشتهر اسم فى زمن قصير بحيث ألفه الناس سريعاً مثل «سبوتنك»، الذى كان جهازه اللاسلكى يذيع إشارات معينة، دأب العلماء والهواة على التقاطها والاستماع إلى ما حوت من نغمات الـ«بيب بيب».

وفى ٣ من نوفمبر عام ١٩٥٧ أحرز الروس نجاحاً آخر أعظم أثراً وأشد

* المعروف علميًّا أن نجاح الصاروخ فى تحويل طاقة وقوده إلى طاقة حركة يتوقف إلى حد كبير على السرعة التى يتحرك بها فعلا، بمعنى أنه كلما زادت السرعة الابتدائية استطاع الصاروخ أن يتحرك بسرعة أكبر فأكبر، وهذه هى الفكرة فى تعدد المراحل.

إثارة، عندما أطلقوا «سپوتنك» الثانى الذى كان يحمل كلباً كراكب فيه.

وفى ٣١ من يناير عام ١٩٥٨ نجحت قوات الولايات المتحدة الأمريكية المسلحة فى إرسال أول أقمارها الصناعية، الذى أطلق من «كيب كانا فيرال» فى فلوريدا، بوساطة صاروخ چوپتر محوَّر ومعد من أربع مراحل. ولقد أطلقت مصلحة الدفاع على هذا القمر اسم «إكسپلورر» أى «المستكشف».

وفى ٢٧ يوليو عام ١٩٦٩ حمل الصاروخ «أبولو ١١» ثلاثة من ملاحى الفضاء فى أول رحلة بشرية إلى القمر. واستغرقت الرحلة ثلاثة أيام، وهبط اثنان منهم على سطح القمر فى ٢٠ يوليو عام ١٩٦٩، وظل الثالث ينتظرهما فى مرْكبة القيادة وهى فى مدارها حول القمر إلى أن أتما مهمتهما وعادا إليه، ثم قفل ثلاثتهم عائدين إلى الأرض سالمين.

ولقد سبق هذه الرحلة دراسات عديدة، ورحلات تمهيدية كثيرة، لاستكشاف الطريق، وتأمين سلامة الملاحين، وتحديد موقع هبوط مركبة الفضاء على سطح القمر.

ولم يكن الوصول إلى القمر هو الهدف النهائى لطموح العلماء والجنس البشرى عامة، ولكنه كان خطوة حاسمة على الطريق نحو غزو الفضاء وزيارة الكواكب الأخرى. وقد تكون الخطوة الثانية هى زيارة المريخ، ولو أنه ليس أقرب الكواكب إلى الأرض. فالزهرة أقرب الكواكب إلى الأرض، ولكنها الظروف السائدة فيها، وفقاً لما حصلنا عليه من معلومات أتت بها مسابير الفضاء، لا تشجع على المخاطرة بزيارة الإنسان لها قبل أن يتمكن من السيطرة الكاملة على تلك الظروف. ولن يمضى وقت طويل حتى يستطيع الإنسان السيطرة على الفضاء وتنظيم رحلات فضائية إلى القمر وغيره من الكواكب، كما سيطر على جو الأرض من قبل وسخَّره فى تنقلاته.

٢ - المحيط الهوائى

هناك من فوق رءوسنا تماماً توجد المتناقضات العجيبة والمخيفة فى الوقت نفسه؛ ففى أعالى جو الأرض وما يليه من الفراغ الكونى ينتشر الزمهرير الذى يفوق فى حدته زمهرير المناطق المتجمدة التى نعرفها على الأرض، كما توجد درجات الحرارة العالية التى تربو معدلاتها على ما نألف فى صحارى المدارين، كل ذلك جنباً إلى جنب مع تلك الأشعة الفتاكة التى تقتل الأحياء ويفوق خطرها أخطار القنابل الذرية، وكذلك تيارات الشهب التى تتحرك بسرعة ٦٤ كيلومتراً فى الثانية وتهوى بلا هوادة كالمطر المتواصل.

وبطبيعة الحال على العلماء أن يدرسوا تلك المناطق قبل أن يلجها الركاب فى أسفارهم الكونية؛ وعند ذلك فقط يصبح فى مقدورهم تسيير سفن الفضاء إلى ما وراء مناطق الفجر القطبى، وأنوار الشمال المتلألئة، ودفعها إلى الفضاء الكونى الحالك الظلام.

فنحن إنما نعيش فى قاع محيط من الهواء؛ إذ يعتبر جو الأرض بمثابة البحر العظيم. وعندما تطلق سفينة صاروخية إلى القمر مثلا، تبدأ السفينة رحلتها خلال هذا المحيط، كما تنتهى لنفس الرحلة عند الأوبة، فعلينا إذاً أن نتعلم سبل الملاحة خلاله قبل أن نلم بما بعده.

علينا مثلا أن نعرف المزيد عن تياراته العليا، ودرجات حرارة طبقاته المختلفة وكثافاتها، وكذلك تحديد خواص تلك الطبقات الكهربية والكيماوية.

ونحن إلى جانب ذلك مرغمون على جمع معلومات أوفى عن إشعاعات الشمس فوق البنفسجية، والأشعة الكونية، وأمطار الشهب المستمرة. أما على سطح الأرض فإننا نعيش فى مأمن من هذه الأهوال والأخطار فى ظل حماية طبقات الغلاف الجوى السفلى السميكة، تلك الحماية التى نفقدها عندما نخرج إلى الفضاء الكونى.

ولا تقتصر الفائدة التى تعود علينا من دراسات الجو العلوى على أسفار الفضاء فحسب، بل تجدنا نستخدم تلك الدراسات فى أعمال التنبؤ الجوى، أو

التكهن بما سيكون عليه الجو خلال فترة معينة، وقد يأتى اليوم الذى نستغلها بحيث يصبح فى الإمكان التنبؤ بتقلبات الجو لمدة عام كامل. وكذلك سوف يمكن تحسين أعمال الراديو والتليفزيون عندما تزيد معرفتنا بالطرق التى ترتد بها أمواج الأثير من طبقات الجو العلوى المتأين. ومن يدرى؟ فربما نكشف اللثام عن بعض أسرار أنوار الشمال ونجمع عنها من المعلومات ما يعيننا على إنارة مدننا ومنازلنا بطرق أحدث وأسهل من طرقنا التى نستخدمها اليوم.

وفى الواقع بدأ الكشف عن جو الأرض سريعاً عقب اختراع البالونات عام ١٧٨٣، ففى عام ١٨٠٤ أطلق بالون كاشف، صعد إلى علو زاد قليلاً على ستة كيلومترات لقياس درجات حرارة الهواء وضغطه ورطوبته. وفى أوائل هذا القرن استخدمت الطائرات للحصول على أرصاد مماثلة.

وسبق أن استخدمت الطائرات فى مستهل هذا القرن للحصول على مثل هذه الأرصاد. وفى عام ١٩٣٥ صعد الكولونيل ألبرت ستيفنز والماجور و. ا. أندرش إلى علو يقرب من ٢٢ كيلومتراً، داخل بالون أعد للتحليق فى طبقة الستراتوسفير. وفى عام ١٩٥٤ ارتفع الضابط إيفان كنشلوى إلى ما يقرب من ٣٨ كيلومتراً فى طائرة من نوع بل س - ٢. أما البالونات التى أطلقت تحمل أجهزة الرصد والتسجيل الذاتى دون أن يكون فيها ركاب من البشر فقد حلق بعضها على ارتفاع يقرب من ٤٥ كيلومتراً.

وكان للصواريخ حظ أوفر، فقد حملت أجهزة الرصد إلى ارتفاعات أربت على ١٦٠ كيلومتراً، واليوم تجمع الأقمار الصناعية - أو الأقمار التى يصنعها البشر - المزيد من المعلومات على أبعاد أكبر من ذلك بكثير.

ولقد أصبح من المألوف أن تستخدم البالونات والصواريخ والأقمار الصناعية فى رصد ثمانية عناصر هامة هى:

تركيب الغلاف الهوائى على الارتفاعات المختلفة، ودرجة الحرارة، وكثافة الهواء، ومعامل توصيله الكهربى، ومجال الأرض المغناطيسى، وتلك الأشعة الفعالة غير المرئية، وهى الأشعة فوق البنفسجية التى ترسلها الشمس، والأشعة الكونية، ثم الشهب.

وتستخدم الصواريخ أيضاً فى عمليات تصوير سطح الأرض على أبعاد شاهقة.

وفى العادة يقسم العلماء جو الأرض إلى خمس طبقات بعضها فوق بعض، ويطلقون على كل طبقة منها اسماً معيناً على النحو الآتى:

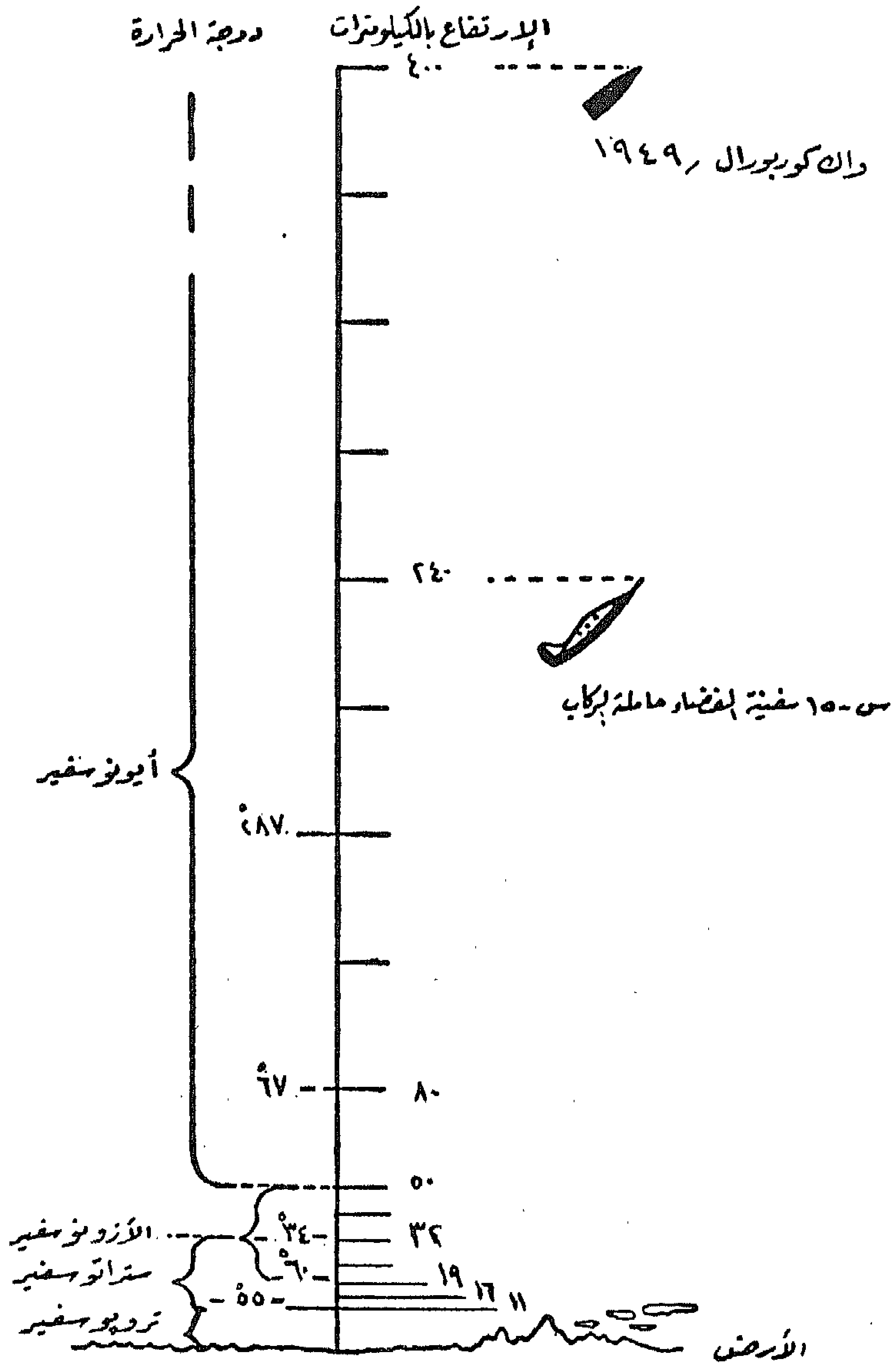
طبقة التروبوسفير، وطبقة الستراتوسفير، وطبقة الأوزونوسفير*، وطبقة الأيونوسفير، ثم الطبقة الخارجية أو الأكسوسفير.

ونحن إنما نعيش فى طبقة التروبوسفير التى تمتد إلى علو يبلغ فى المتوسط نحو ١١ كيلومتراً فوق سطح البحر، وهى طبقة عدم الاستقرار وموطن التقلبات الجوية حيث تثار السحب وتتولد العواصف المختلفة. وبرغم أن طبقة التروبوسفير غير سميكة نسبيًّا، نجدها تتضمن أكبر نسبة من الهواء؛ إذ تحتوى على أكثر من ٧٥٪ من غازات الغلاف الجوى بأسره.

وأنت عندما تتسلق جبلاً من الجبال الشاهقة تجد أنه يضيق صدرك ويصبح من الصعب عليك التنفس بسهولة قرب قمته، كما تجد أن أغلب الجبال العالية إنما تكسو قممها الثلوج طوال العام. كل ذلك بسبب خلخلة الهواء أو نقص كثافته، وكذلك انخفاض درجة حرارته كلما صعدنا قدماً فى طبقة التروبوسفير. والمعروف أن معدل انخفاض درجة الحرارة مع الارتفاع فى هذه الطبقة يبلغ نحو درجة واحدة مئوية كل ١٦٢ متراً، وأن متوسط درجة الحرارة عند قمتها هو نحو ٦٧ درجة تحت الصفر.

ويلى التروبوسفير من أعلى طبقة الستراتوسفير، التى يبلغ سمكها نحو ٣٠ كيلومتراً. وهى طبقة تحتاج إليها الرياح العاتية؛ إذ ينساب فى قاعدتها نهران من الهواء يجريان حول معظم الأرض، ويعرفان باسم مجارى الرياح المتدفقة (أو الچيت)، إذ يتدفق أحدهما من الغرب إلى الشرق فى الطبقة الواقعة بين المناطق المتجمدة وخط الأستواء، ويفيض الآخر من الشرق إلى الغرب فى الطبقات الواقعة بين المناطق المعتدلة وخط الأستواء. ويتغير موضع النهرين وسرعة اندفاع الهواء فيهما من يوم إلى آخر، وقد تصل سرعة الرياح حدود ٨٠٠ من الكيلومترات فى الساعة داخل هذه المجارى أحياناً. ولم يتم الكشف عنهما إلا فى الحرب العالمية الثانية، عندما انطلق الطيارون الأمريكيون بقاذفات القنابل

* كثيراً ما تدمج طبقة الأوزونوسفير مع الستراتوسفير فى طبقة واحدة هى الستراتوسفير الكبرى.



وفوق طبقة الأيونوسفير توجد طبقة الأكسوسفير التى تتلاشى فى الفضاء الكونى

ب - ٢٩ داخل طبقة الستراتوسفير التي تنخفض فيها درجة الحرارة إلى حدود ٨٠ درجة تحت الصفر على ارتفاع نحو ٢٠ كيلومتراً.

وتتداخل الطبقة الثالثة- وهي الأوزونوسفير - بعض الشيء مع طبقة الستراتوسفير وتختلط بها، إذ تمتد من ارتفاع نحو ٢٠ كيلومتراً إلى ارتفاع نحو ٥٠ كيلومتراً. وأطلق عليها هذا الاسم لأنها تحتوى على كميات وفيرة نسبياً من نوع غاز الأوكسجين يعرف باسم الأوزون. ولعله ليس من العجيب في شيء أن نجد طبقة الأزونوسفير ساخنة ترتفع فيها درجة الحرارة إلى حدود درجة واحدة تحت الصفر المئوى، ذلك لأن الأوزون إنما يمتص جانباً كبيراً من الأشعة فوق البنفسجية التي ترسلها الشمس، وتتحول هذه الطاقة الممتصة إلى حرارة ترفع درجة حرارة تلك الطبقات من الهواء.

أما الطبقة الرابعة فهي الأيونوسفير، بأرجائها الغامضة العجيبة، ومناطقها النائية الشبيهة بالفراغ، والتي تتلألأ منها أضواء الشمال. وبرغم أن طبقة الأيونوسفير تبدأ من ارتفاع نحو ٥٠ كيلومتراً فوق سطح الأرض، فإنه لا يعرف أحد تماماً مدى امتدادها من أعلى، فقد تصل إلى علو نحو ٨٠٠ كيلومتر أو أكثر. ولقد درس العلماء كثيراً من خصائص طبقاتها الدنيا، تلك الطبقات التي تمتد إلى علو ٣٠٠ كيلو متر، أما الباقي فلا يزال غامضاً إلى حد كبير.

ويتحتم على مرتادى الأيونوسفير حماية أنفسهم من أشعة الشمس فوق البنفسجية، ومن الأشعة الكونية الفتاكة التي تقبل من الفضاء الخارجي، وكذلك من أمطار الشهب القاتلة. ولم تكن الحياة ممكنة على سطح الأرض إلا لأن قاع المحيط الهوائي هو أكبر أجزاء هذا المحيط كثافة. وينجم عن ازدياد كثافة الهواء ازدياد معامل احتكاك الشهب به، ومن ثم إمكان احتراقها قبل أن تصل إلى سطح الأرض، كما أن كميات ضئيلة جداً من أشعة الشمس فوق البنفسجية ومن الأشعة الكونية يمكنها اختراق طبقات الجو السفلى بسبب كبر كثافة هذه الطبقات.

وتتضمن الأيونوسفير عدداً من الطبقات المشحونة بالكهربية والتي يطلق عليها اسم طبقات التأين. وما هذه الطبقات في الواقع سوى الأسقف التي تنعكس منها أمواج الراديو مرتدة إلى سطح الأرض بعد أن ترسلها محطات الإذاعة. ومرة أخرى تنخفض درجة الحرارة داخل الأيونوسفير فتصل إلى حدود

٦٧ درجة تحت الصفر على ارتفاع ٨٠٠ كيلومتراً، إلا أنها ترتفع بعد ذلك بشكل غريب؛ فتصل إلى قيم عجيبة مثل ٢٨٧ درجة مئوية فوق الصفر على ارتفاع ١٦٠ كيلومتراً!

وأخيراً تأتى الطبقة الخامسة وهى الأكسوسفير، حيث ينعدم الغلاف الجوى تدريجيًّا حتى يصل إلى درجة الفراغ. ولم يجمع العلماء إلا اليسير من المعلومات عن هذه الطبقة.

وفى كل يوم تهوى ملايين الشهب إلى جو الأرض، ولا يزيد حجم معظمها على حجم رأس الدبوس، أما تلك التى تضاهى حجم حبيبات «الزلط» المألوفة فلا يتعدى عددها الآلاف. وعندما تدخل هذه الشهب جو الأرض تحتك به فتلتهب وتخلف من ورائها ذيولاً مضيئة كثيراً ما نطلق عليها اسم «النجوم الهاوية».

٣ - صاروخ الڤيكنج

عندما أخذت أشعة الشمس الساطعة تتساقط فى الصباح المبكر على رمال صحراء نيومكسيكو، انعكست حزمة منها فى وميض براق من أسطوانة غير سميكة من معدن الألمينيوم بلغ طولها ارتفاع بناء من خمسة طوابق، وكان ذلك على أرض التجارب التى اختيرت بالرمال البيضاء قبيل إطلاق صاروخ الفيكنج المحمل بأجهزة الرصد.

ووقف الصاروخ الطويل على قائمة من الحديد الصلب ثبتت فوق قاعدة الإطلاق المصنوعة من الخرسانة المسلحة، وبدت مقدمته متجهة فى الاتجاه الرأسى فى حين احتل العلماء المكلفون بإطلاقه أماكنهم فى مراكز المراقبة من وراء حواجز من الخرسانة المسلحة على بعد ١٥٠ متراً من قاعدة الإطلاق.

وصنعت جدران بنيان المراقبة وقاعدته من الخرسانة المسلحة، وبلغ سمكها ٣,٦ متراً. وكذلك صنع السقف الهرمى الشكل من الخرسانة المسلحة وبلغ سمكه ٨ أمتار. أما النوافذ فكانت مجرد فتحات ضيقة تسدها ألواح من الزجاج بلغ سمكها ٢٠ سنتيمتراً.

ولعلنا نلمس من تصميم هذا البنيان قيمة الأهوال والأخطار التى قد نواجهها عند إطلاق صاروخ كبير. والحق أنه عند ما تسير الأمور على ما يرام يرتفع المارد فى الهواء بسلام، إلا أن المعروف أن الصواريخ تنفجر أحياناً عند إطلاقها، وعندها يحدث الخطر الشامل.

وكان الاستعداد لإطلاق الڤيكنج قد بدأ فى الليلة السابقة، فقد سحبته سيارة (جيب) إلى القاعدة وهو مثبت فى عربة عجلاتها من المطاط تحمل اسم مخترعها (بار). وكانت العربة تتكون من جزئين، أحدهما شدت إليه مقدمة الصاروخ وله عجلة واحدة من المطاط.

أما الجزء الثانى فقد ثبت فيه ذيل الصاروخ وله عجلتان؛ ولكل عجلة من العجلات الثلاث جهاز خاص يقلل من حدة الذبذبات ويشبه النوع الذى يستخدم عادة فى الطائرات.

واستخدم (ونش) ضخم فى حمل الصاروخ إلى المكان المعد لإطلاقه قوامه «كمرتان» على هيئة برجين مستطيلين من الصلب يربطهما جسر (كوبرى) متعدد الكمرات فى القمة. وبلغ ارتفاع هذا (الونش) ١٨ متراً، كما ثبت على قضيبين بلغت المسافة بينهما ٦ أمتار. وظهر زوج آخر من القضبان المماثلة على الجانب الثانى لقاعدة الإطلاق، كل ذلك ليصبح فى الإمكان دائماً إحضار (الونش) مباشرة فوق القاعدة. وأضيئت منطقة الإطلاق بالأنوار الكاشفة الساطعة طوال الليل.

وتدلى الخطاف من آلة رافعة فى قمة (الونش)، وأخذ يهبط بسلاسله حتى دنا من الحلقة الأمامية المعدة لرفع الصاروخ فثبت بها. وعندما أديرت بكرات الآلة الرافعة وعلت مقدمة الصاروخ فى الهواء دفع إلى الأمام فبدأ يجرى على عجلتيه الخلفيتين برهة حتى ارتفع تماماً عن الأرض، وعند ذلك أزيحت مقدمة المركبة التى استخدمت فى نقله، ثم تحرك الونش ببطء على قاعدة الإطلاق، وشرع فى إنزال الصاروخ تدريجيًّا حتى وقف منتصباً على أجنحته.

وهناك عدد غير قليل من الجسور «الكبارى» تصل بين المستويات المختلفة لكمرات الونش، والغرض منها تمكين ركاب الصاروخ من الولوج إليه خلال الأبواب الصغيرة المطلة من أجزاء الصاروخ المختلفة. وفى العادة نجد نحواً من اثنى عشر شخصاً فوق هذه الجسور «الكبارى» يعملون فى تثبيت الآلات العلمية المختلفة، ويجرون آخر اختباراتهم على جهاز الجيروسكوب والأجهزة الإلكترونية والصمامات وسائر معدات الصاروخ.

وعندما تسير الأمور على ما يرام يتم إطلاق الصاروخ بعد مضى ١٤ ساعة من لحظة وضعه على قاعدة الإطلاق. وفى العادة تعرف لحظة الإطلاق باللحظة س، ويتم حسابها إلى الوراء. وعلى ذلك فإن عملية الإطلاق تبدأ فى الدقيقة (س – ١٤ ساعة) من لحظة صعود العلماء على الكوبرى العلوى للونش والبدء فى تثبيت الأجهزة العلمية المعدة لقياس عناصر الجو والأشعة الكونية ونحوها الموجودة فى مقدمة الصاروخ. ويتم المختصون اختبار كل جهاز بدقة وعناية فائقة للتأكد من أنه سوف يعمل دون عطل أو خلل عندما يحلق الصاروخ فى عنان السماء.

وفى الدقيقة (س – ١٠ ساعات) يركب خبراء اللاسلكى جهاز الإذاعة المعد لإرسال الإشارات الخاصة بتحليق الصاروخ، ثم يختبرونه للتأكد من إمكان

التقاط أمواجه فى محطة الاستقبال. وفى الدقيقة (س - ٥ ساعات) تتم التجربة الخاصة بقاطع التيار، ولعلها أهم تجربة تجرى على الإطلاق، وذلك لأن قاطع التيار إنما يمكن العلماء فى مبنى الرصد من قطع أمداد محرك الصاروخ بالوقود، وهو أمر لا مناص منه عندما ينذر الصاروخ بالخطر أو عندما يخرج عن مساره المرسوم له. وتتم هذه العملية بواسطة الإشارات اللاسلكية.

ويبدأ إمداد الصاروخ بالوقود فى تمام (الدقيقة س - ٣ ساعات) بمعرفة عمال محنكين، فتراهم يعمدون إلى ملء خزان الكحول أولاً، ثم خزان فوق أوكسيد الهدروجين ثانيًا، وأخيراً يملئون خزان الأوكسجين المسال. ويلبس هؤلاء الرجال ملابس خاصة واقية، فيغطون رءوسهم بخوذات لها فتحات يبصرون خلالها أو خلال أغشيتها المصنوعة من مادة البلاستيك الشفاف، وهم يبدون عند وقوفهم بجانب الصاروخ كنفر من سكان المريخ حط ركابه على الأرض!

وتعبئة الأوكسجين ليست بالأمر الهين، كما أنها أمتع عمليات التعبئة منظراً، فهناك ثقبان يتصلان بخزان الأوكسجين، وعندما ينقل الغاز المسال الذى تصل درجة حرارته حدود ١٨٤ درجة مئوية تحت الصفر إلى الخزان الخاص به بوساطة المضخات تظهر سحب من الغاز حول الفتحتين تزداد كثافتها حتى تكوِّن كتلاً من الجليد الناصع البياض.

وبمجرد أن يتم تزويد الصاروخ بالوقود يسحب الرافع «الونش» إلى الخلف على قضيبيه، فيخلف من ورائه صاروخ الفيكنج الضخم وقد انتصب واقفاً على قاعدة إطلاقه ومقدمته شامخة إلى السماء.

وتلك لحظة يعقبها إخلاء المنطقة من كل العربات وما على شاكلتها، ويأخذ العلماء والمهندسون أماكنهم فى مبنى المراقبة، ثم يعلن ضابط الوقت فى المذياع: «إننا نقترب من اللحظة (س - ١٥ دقيقة)... الوقت (س - ١٥) دقيقة». ومعنى ذلك أنه إذا ماسارت الأمور على ما يرام فإن الصاروخ يتم إطلاقه بعد ١٥ دقيقة. ويسمع صوت المذيع فى شتى أرجاء مبنى المراقبة، كما يدوِّى النداء من مكبرات الصوت خارج المبنى لتنبيه من لا يزال خارج المبنى. ويصل هذا النداء أيضاً إلى جميع المحطات التى أعدت لرصد الصاروخ بالمناظير المكبرة وأجهزة الراديو والتليفزيون فى أجزاء متفرقة من سطح الصحراء والجبال المتاخمة لها.

ويقف العالم المنوط به إشعال المحرك إلى درج الإطلاق، أمام صفين من أجهزة

القياس تبين قراءاتها مجرى الحوادث فى الصاروخ، إذ تتصل به بأسلاك كهربية خاصة (كابل). ويمتد هذا (الكابل) إلى قطب على ارتفاع ١٢ متراً ومسافة ٦ أمتار من قاعدة الإطلاق، ثم يعرج إلى مقدمة الصاروخ، على أن ينفصل منه لحظة الإطلاق.

وتسمع المذيع ينادى: «إننا نقترب من اللحظة (س – ١٠) دقيقة... الوقت (س – ١٠) دقيقة». وعندها يوصل الصاروخ بمركز القوى الكهربية، فيسرى التيار فى (الكابل)، ويبدأ الجيروسكوب (الذى يحفظ توازن الصاروخ) العمل وتسمع له صوتاً خافتاً.

ويشرع ضابط الوقت فى عد الدقائق دقيقة تلو الأخرى، وفى كل مرة يدير واحد من العلماء مفتاحه الذى يختبر به بعض شئون الصاروخ أو أحد الأجهزة فيه، حتى إذا ما وجد الأمر على مايرام ضغط على زر خاص ليبدل لون بقعة مضيئة على درج الإطلاق من الأحمر إلى الأخضر؛ وهكذا يفعل كل عالم من العلماء على الترتيب، فى حين يراقب العالم المكلف بإشعال الوقود هذه الأضواء كلها، ليتحقق بنفسه من أن جميع البقع المضيئة قد تحول لونها وتبدل من الأحمر إلى الأخضر على نضد الإطلاق.

وعندما تحل اللحظة (س – ١) دقيقة يجذب أحدهم مفتاحاً خاصًّا ليتضاغط الوقود فى خزان المحرك، وبعد أن يتم مراقبة هذه العملية بدقة، يعطى بدوره العلامة الخضراء لضابط الإطلاق.

وينادى المنادى: «٤٥ ثانية»، ويكون كل شىء على ما يرام على نضد الإطلاق، ثم ينادى: «٣٥ ثانية»، وعند ذلك يصيح ضابط الإطلاق قائلاً: «شغلوا أجهزة التسجيل»، وفى الحال تصل هذه التعليمات إلى جميع المحطات المعدة لاستقبال أرصاد الصاروخ بوساطة اللاسلكى، وتبدأ الأجهزة عملها.

ثم ينادى المنادى: «٢٥ ثانية». وعندما تحل الثانية ٢٠ يشرع ضابط الوقت فى عد الثوانى واحدة تلو الأخرى فيقول: «عشرون، تسع عشرة، ثمانى عشرة، سبع عشرة ...». وأخيراً: «خمس... أربع... ثلاث... اثنتان... ثانية... أطلق».

وبعد أن يلقى ضابط الإطلاق نظرة أخيرة على أضواء البقع كافة ليراها خضراء، يعمد إلى زر الإشعال فيضغطه، وعندها تنطلق شرارة كهربية خلال

(الكابل) إلى الصاروخ، فيتدفق الوقود إلى المحرك ويشتعل.

ويسقط (الكابل) من مقدمة الصاروخ، ويظهر وميض يلمح فى القاعدة وسط زئير منكر من الأصوات الصاخبة التى تنجم من اشتعال الوقود . وسريعاً ما تسرى نغمات حادة تصم الآذان عندما تصل سرعة عمل المحركات والمضخات أقصى قيمة لها.

ويرتفع الصاروخ وكأنما يحفظ توازنه على عمود النار المنبثق من قاعدته، وتزداد السرعة ويتحول العمود إلى ذيل طويل من اللهب. وسرعان ما يصبح الصاروخ فوق الرءوس وهو يزأر فى طريقه المرسوم. وتسجل محطات الرصد المختلفة مساره بدقة وعناية بالمناظير المكبرة وأجهزة الرادار، كما تلتقط أجهزة الراديو كل الأرصاد التى يذيعها.

ويحمل صاروخ الڤيكنج فى مقدمته كمية صغيرة من المواد المتفجرة (ت . ن . ت) تقدر ببضعة كيلوجرامات. وتكفى هذه الكمية عند انفجارها للقذف بمقدمة الصاروخ بعيداً عن جسده عندما يصل الصاروخ إلى أعلى نقطة فى المسار. وينجم عن هذا الانفجار اختلال توازن المجموعة واختلال استمرار سيرها فى المسار الانسيابى؛ فتترنح المقدمة فى حركة غير انسيابية عند الهبوط، ولا تكتسب سرعة كبيرة كما أنها لا ترتطم بسطح الأرض بعنف.

وهكذا تتاح للأجهزة العلمية التى يحملها الصاروخ فرصة أكبر للبقاء سالمة، أو عدم التحطيم عند الارتطام بالأرض، وهى فرصة من ألزم ما يكون للآلات البصرية كأجهزة التصوير الخاصة بشكل سطح الأرض، وكذلك لأجهزة التحليل الطيفى التى تسجل طيف الشمس على الأبعاد المختلفة.

وبمجرد أن يرسو الصاروخ على الأرض تؤم مكانة جماعات الباحثين، مستدلين على موضعه بما جمعوا من أرصاد وبما صورت أجهزة الرادار، كل ذلك من أجل إصلاح أجهزته وإعدادها للعمل من جديد وكذلك من أجل استغلال الصور والأرصاد المسجلة فيه.

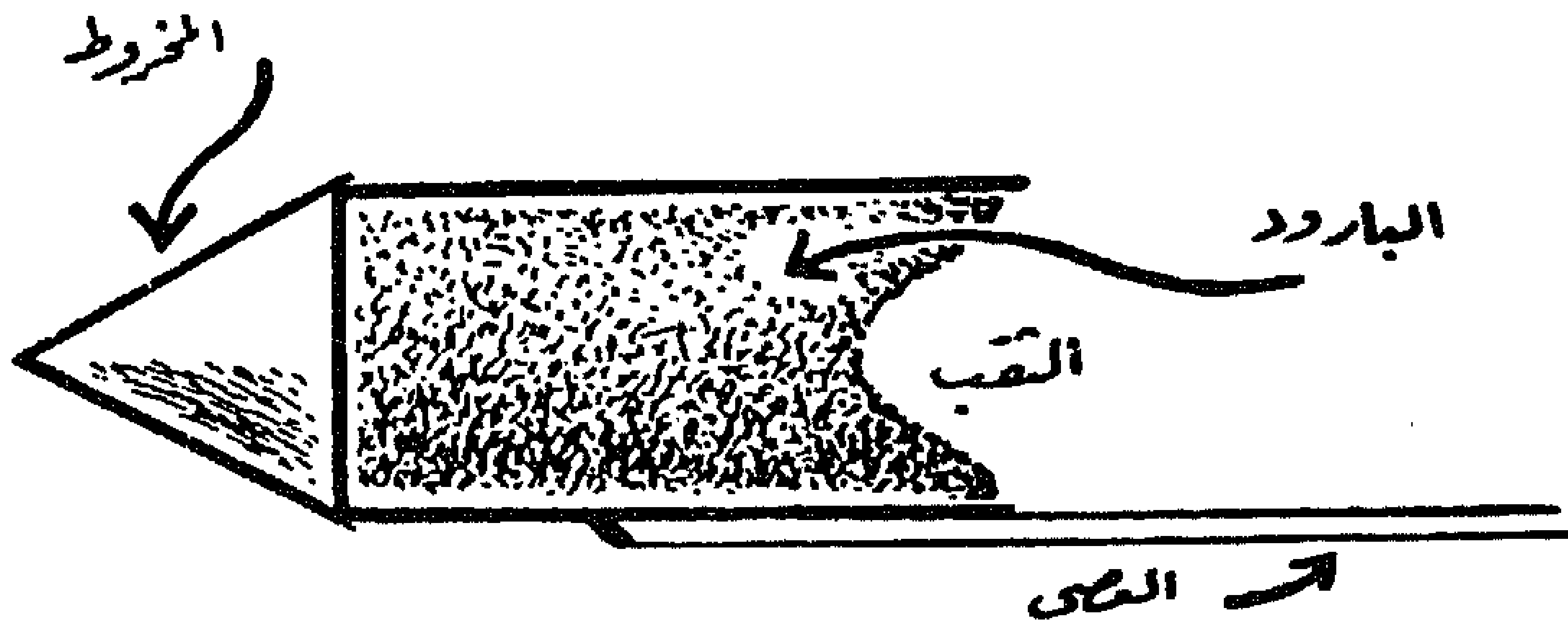
٤ - من صواريخ الأفراح
إلى الأقمار الصناعية

لم تكن سفينة الفضاء الضخمة التى أقلت ملاحى الفضاء إلى القمر فى يوليو ١٩٦٩ إلا حفيدة تلك الصواريخ التى سبق أن أرسلت من أجل الكشف عن معالم جو الأرض العلوى أو التى استخدمت من قبل فى إطلاق الأقمار الصناعية، وليست هذه الصواريخ بدورها سوى ما تمخضت عنه صواريخ الأفراح والألعاب النارية التى نلهو بها فى الأعياد لتكسو السماء بمجموعات من النجوم الملونة والذيول النارية التى تهطل كما يهطل المُطر من السحاب سواء بسواء.

وأنت لن يعوقك فهم عمل أى صاروخ من الصواريخ لو أنك فهمت كيف تعمل صواريخ الأفراح البسيطة، التى لا يعدو الصاروخ منها أن يكون أنبوبة صغيرة من الورق المقوى طولها نحو ١٥ سنتيمتر مثبتة فى طرف عصا رفيعة، تملأ بمسحوق المدافع (البارود)، كما يتصل بمؤخرتها فتيل. ومنذ أكثر من ٧٠٠ سنة مضت صنع الصينيون الصواريخ وصنفوها على هذا النمط، ثم أدخلوا عليها بعض التحسينات حتى قاربت النحو الذى تبدو عليه صواريخ الأفراح اليوم، وكانوا يستعملونها فى إرهاب العدو وقهره، وكذلك فى الأعياد والأفراح. ومن التحسينات التى أدخلوها على هذه الصناعة أنهم كانوا يثبتون مخروطاً فى قمة الصاروخ لتكون نهايته مدببة بدلاً من أن تكون مسطحة، وبذلك يستطيع أن يمرق أو يطير بسهولة. ووجدوا أيضاً أن فى وسعهم وضع كمية إضافية من البارود فى الطرف المدبب تنفجر بمجرد هبوط الصاروخ وسط فرق العدو وارتطامها بالأرض. أما اليوم فإن المخروط الذى يثبت فى نهاية صاروخ الألعاب النارية إنما يشحن بالنجوم المختلفة الألوان.

ومن التحسينات التى أدخلها الصينيون أيضاً على صناعة الصواريخ حفر ثقب فى قاعدة عبوة البارود. ومن شأن هذا الثقب أن يساعد على عملية الاحتراق بزيادة السطح المعرض للهواء. وينجم عن ازدياد الاحتراق ازدياد القوة التى يدفع بها الصاروخ، ومن ثم ازدياد سرعة تحركه. ولو أننا رسمنا مقطعاً

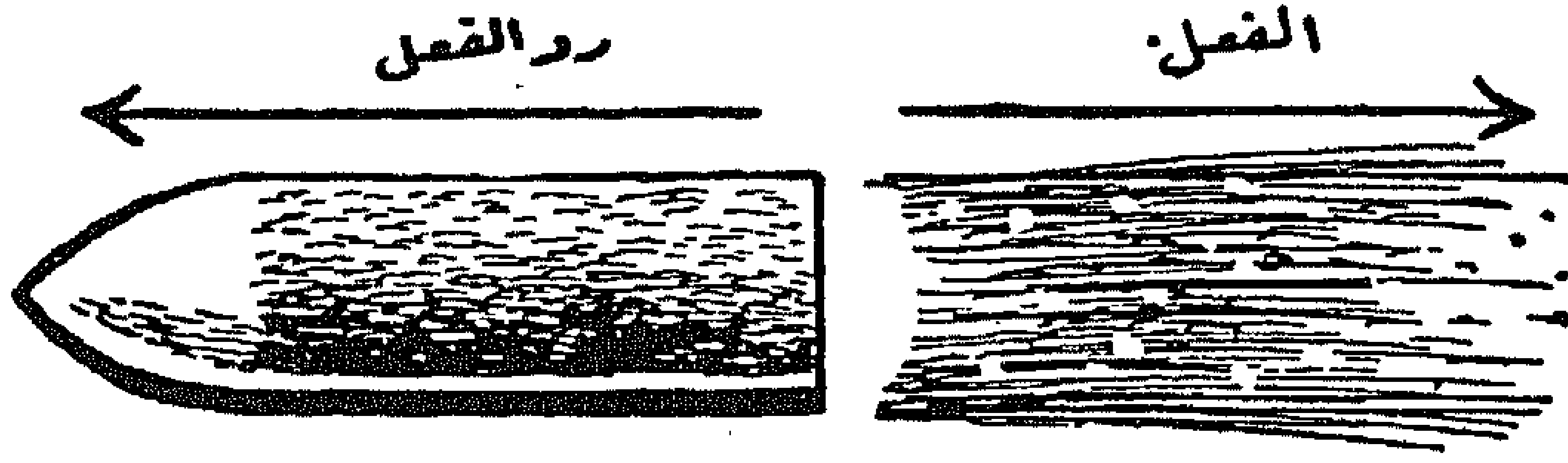
طوليًا لصاروخ بسيط من صواريخ الألعاب النارية لبدا كما فى الشكل.



وتعلم العرب من الصينيين سر صناعة الصواريخ، ثم أخذ الأوربيون هذا السر عن العرب، وسرعان ما استخدمت جميع الجيوش الأوربية هذا السلاح، إلا أنها استغنت عنه وأبدلت به المدافع بعد عام ١٥٠٠ م. وحوالى عام ١٨٠٠ م ظهرت أنواع من الصواريخ أدخلت عليها بعض التحسينات وخاصة عندما استخدمها الإنجليز فى حربهم ضد الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٨١٢ م.

ويعجب الكثير من الناس ويتساءلون: كيف يطير الصاروخ؟ وتتضارب الآراء فى هذا الصدد، ويتصور البعض أن الغازات التى تنبثق بغزارة من مؤخرة الصاروخ إنما تدفع به إلى الأمام نتيجة تفاعلها أو تضاغطها مع الهواء الجوى، إلا أن هذه الفكرة لا أساس لها من الصحة؛ فالهواء لا يساعد الصاروخ على السير أو التحليق بتاتاً، وإنما هو يعوقه عن الحركة بما يولد من مقاومة وما يسبب من احتكاك. ولهذا السبب تجد أن حركة الصواريخ إنما تسهل وتعظم فى الفراغ.

وقد سبق أن فسر إسحق نيوتن سر حركة الصواريخ هذه بقانون علمى يعرف الآن باسم قانون الحركة الثالث لنيوتن، وهو ينص على: أن لكل فعل رد فعل مساويًا له فى المقدار ومضاداً له فى الاتجاه. وأنت إذا ما راقبت شخصاً يقفز إلى الماء من فوق ظهر عوامة صغيرة يمكنك أن تلاحظ أن العوامة تنغمس فى الماء فى الوقت نفسه الذى يقفز فيه الشخص إلى الهواء. وفى الواقع ليست حركة العوامة أو اندفاعها إلى أسفل إلا رد الفعل الناشئ عن قفز الشخص إلى أعلى. وأنت كذلك إذا كان قد سلف لك أن أطلقت عياراً ناريًا من بندقية مثلا ربما تذكر أن البندقية ارتدت إلى الخلف مندفعة إلى كتفك. وما تراجع البندقية هذا إلا رد الفعل الناجم عن اندفاع الرصاصة إلى الأمام.



وعلى هذا النمط نجد أن اندفاع الصاروخ إلى الأمام لا يكون فى الواقع والأمر نفسه إلا بسبب رد الفعل الناجم عن انبثاق الغازات بوفرة وغزارة وانطلاقها إلى الوراء من مؤخرته على النحو الموضح فى الشكل.

وحوالى عام ١٨٥٠م استغنت جيوش العالم مرة أخرى عن استعمال الصواريخ كسلاح حربى، وبذلك اقتصر استخدامها من جديد على الأفراح والأعياد، ومهما يكن من شىء فإننا نستطيع أن نقول إنه لم يبق للصواريخ شأن يذكر منذ أوائل القرن التاسع عشر.

ولكن الوضع تغير على يد عالم نابه أمريكى متقاعد، كان يغلب عليه الخجل، كرَّس حياته على بحوث الصواريخ.

هذا العالم هو الدكتور روبرت هتشنز جودارد، أستاذ الطبيعة (الفيزياء) بجامعة كلارك فى ورسستر بماساشوستس، وهم يطلقون عليه اسم «أبو الصاروخية الحديثة». ولقد أثبت الدكتور جودارد بالتجربة أن سرعة تحرك الصاروخ إنما تتوقف إلى حد كبير على سرعة إنبثاق الغازات من مؤخرته، وعلى هذا الأساس أكد جودارد أن الصاروخ المثالى لا يصح أن يدفع بالوقود الجاف المصنوع من مسحوق المدافع، وإنما يجب أن يدفع بالوقود السائل.

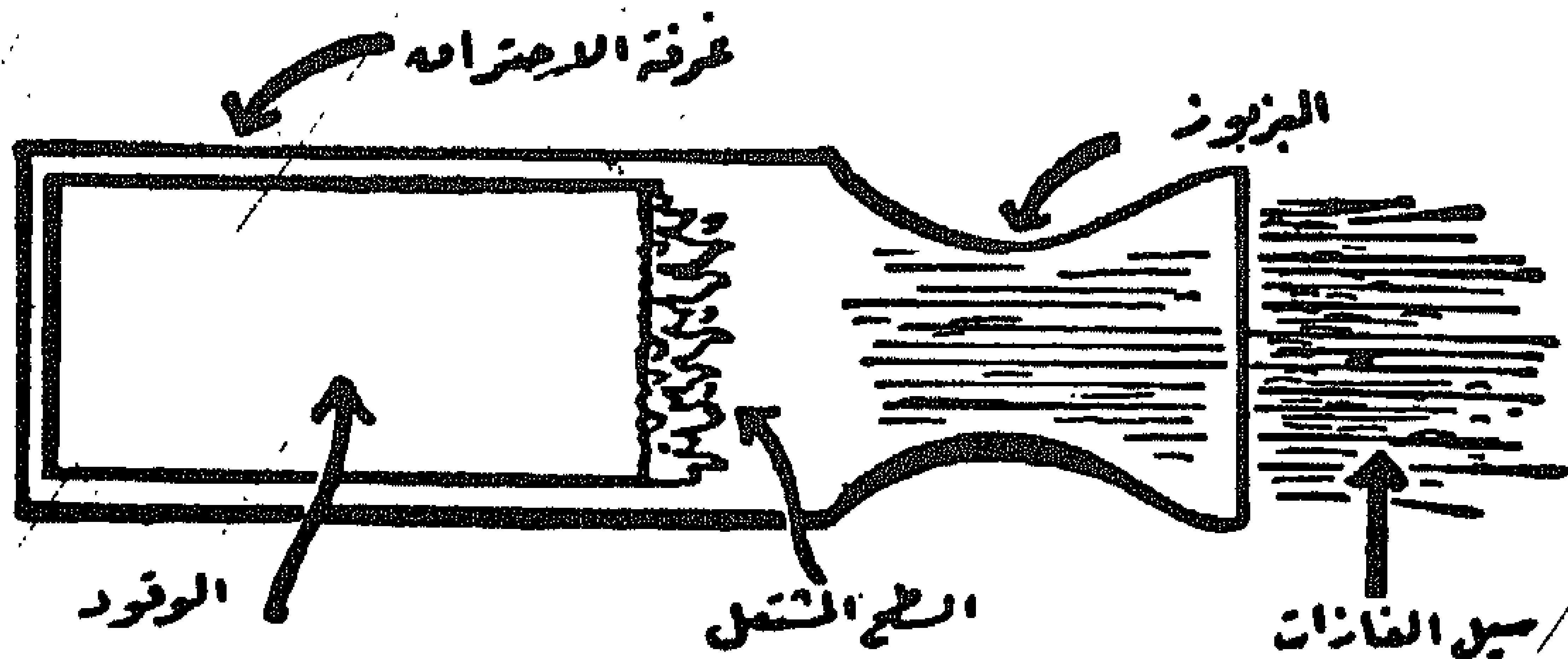
وفى ١٦ من مارس عام ١٩٢٦ م نجح جودارد فى إطلاق أول صاروخ استخدم فيه الوقود السائل، وكان ذلك فى بلدة آوبرن الصغيرة من أعمال ماساشوستس، على أرض تغطيها الثلوج فى مزرعة كان يملكها أحد أقاربه. وكان الصاروخ خفيفاً جدًّا، بلغ طوله نحو ثلاثة أمتار أما وقوده فكان البترول والأوكسجين المسال. وفى الحقيقة لا يمكن للصاروخ الذى يدفعه الوقود السائل أن يستمد الأوكسجين اللازم لإتمام عمليات الاحتراق فيه من الهواء كما هى الحال فى محرك السيارة أو محرك الطائرة مثلاً، وإنما يلزم للصاروخ أن يحمل معه أوكسجينه الخاص.

ومكث صاروخ جودارد الصغير يسبح فى الجو مدة ثانيتين ونصف ثانية قطع خلالها مسافة ٥٥ متراً. وبرغم أن هذه النتيجة لا تعتبر نجاحاً باهراً، فإنها ولاشك كانت خطوة الابتداء. واستمر جودارد يعمل على صواريخ الوقود السائل، وقد دخل هذا الميدان كثيرون غيره من الهواة والمتحمسين، وأنشئت عدة جمعيات تهتم بعلم الصواريخ وصناعتها فى كثير من البلدان مثل الولايات المتحدة وإنجلترا وألمانيا.

واهتم الجيش الألمانى بصناعة الصواريخ، وكان قد بدأ برامجه فى ميدان الصواريخ قبل حكم هتلر، وأخذت هذه البرامج تتسع وتكبر، حتى انتهى الأمر إلى إنشاء مؤسسة ضخمة فى پينموند على بحر البلطيق، تم فيها بناء الصاروخ ف ٢ تحت إمرة القائد وولتز دورنبرجر وإشراف الدكتور ڤيرنر فون براون.

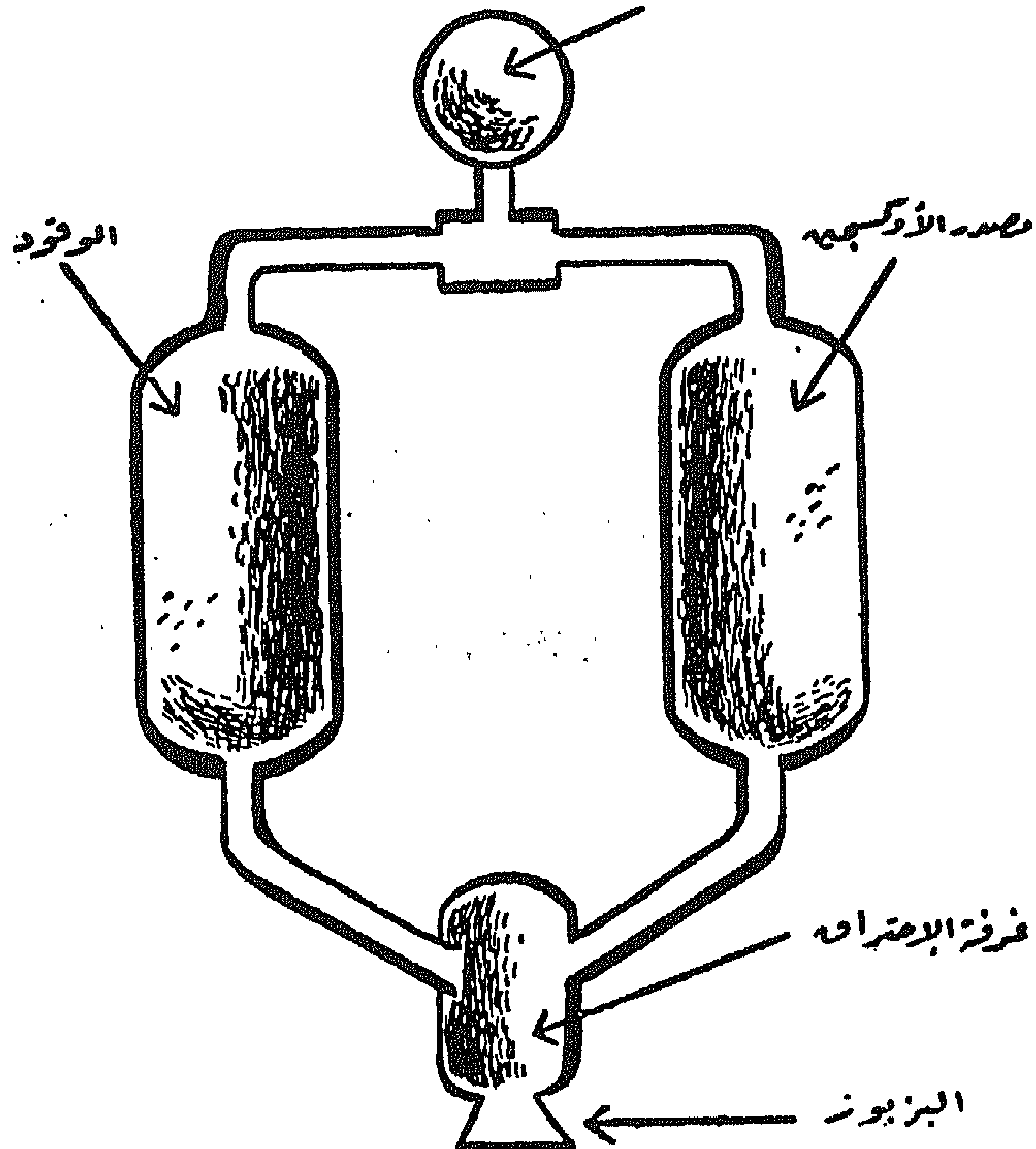
وضربت لندن بأول صاروخ من صواريخ ف ٢ فى الثامن من سبتمبر عام ١٩٤٤ م، وخلال السبعة أشهر التى تلت ذلك التاريخ سقط على لندن أو بجوارها أكثر من ألف صاروخ من هذا النوع، قتلت نحو ألفى شخص، كما أحدثت كثيراً من التلف والضرر، ولم يكن فى المستطاع مقاومتها خلال الحرب العالمية الثانية.

وبلغ طول الصاروخ ف ٢ - ١٣,٨ متراً، أما وزنه فعادل نحو ١٤ طناً، وكان يحمل فى مقدمته مفرقعات زنتها نحو طن كامل، أما باقى الوزن فتركز أغلبه فى المحركات: منها أربعة أطنان من الكحول الأثيلى، وخمسة أطنان من الأوكسجين السائل. وفى الواقع صنعت كل من الولايات المتحدة الأمريكية وبريطانيا وألمانيا خلال الحرب العالمية الثانية أنواعاً مختلفة من الصواريخ الصغيرة التى استخدمت فى تسييرها أنواع منتقاة من الوقود الجاف. وكان الوقود الجاف يعبأ فى هذه الصواريخ داخل غرف الاحتراق.



وفى أبسط أنواع الصواريخ التى تستخدم الوقود السائل يوجد خزان لحفظ أحد الغازات الخاملة - أى التى لا تشتعل ولا تساعد على الاشتعال مثل النيتروجين والهيليوم، الغرض منه العمل على دفع الوقود السائل إلى غرفة الاحتراق. ويوضح الشكل المرسوم بعض تفاصيل هذه الصواريخ؛ إلا أنها من البساطة بحيث لا تمثل تماماً تركيب الصاروخ ف ٢ أو ما على شاكلته من الصواريخ الكبيرة التى تصنع اليوم، وذلك لأن الوقود لا يصل إلى غرفة الاحتراق بالسرعة الكافية. وقد استخدمت مضخات - تعمل بوساطة (تربين) خاص - فى دفع الكحول والأوكسجين المسال إلى غرفة احتراق الصاروخ ف ٢، وكان (التربين) يدار بالبخار الذى يولده مرجل تولد فيه الحرارة بالتفاعل بين فوق أوكسيد الهدروجين العالى التركيز وبرمنجانات البوتاسيوم.

ولقد وقع فى يد القوات الأمريكية فى نهاية الحرب العالمية الثانية عدد وفير من



الصواريخ ف ٢، فاستخدمتها فى أبحاث طبقات الجو العليا بعد أن نقلتها إلى حقول تجاربها فى الرمال البيضاء بنيومكسيكو. واستمرت برامج هذه البحوث فيما بعد باستخدام نوعين من الصواريخ صنعا بمعرفة العلماء الأمريكيين اشتهر أحدهما باسم (الأيروبى)، وكان صغير الحجم لا يربو طوله على ٦ أمتار فى حين اشتهر الثانى باسم (الڤيكنج) وقد بلغ طوله نحو ١٣,٥ متر. وفى ٢٤ مايو عام ١٩٥٤ ضرب صاروخ من صواريخ الڤيكنج هذا الرقم القياسى للارتفاعات التى وصلتها الصواريخ وحيدة المرحلة بأن حلق على ارتفاع ٢٥٣ كيلومتراً.

٥ - مشروع أوربيتر

فى المؤتمر الذى عقد فى أكسفورد خلال شهر أغسطس عام ١٩٥٣ اقترح أحد العلماء الأمريكيين إضافة أعضاء جدد لأفراد المجموعة الشمسية، وكان ذلك العالم هو الدكتور س. فريد سنجر خبير الصواريخ بجامعة ماريلاند. وفى الواقع سبقت ذلك المؤتمر مناقشات عديدة فى شأن إطلاق صواريخ إلى أعالى الجو بحيث تتم دورة كاملة حول الأرض، وكذلك فى شأن بناء محطة فضاء، إلا أن اقتراح الدكتور سنجر كان الأول من نوعه الذى نادى بوجوب إرسال قمر صناعى لا يحمل بشرًا ليجمع المعلومات العلمية اللازمة عن أعالى جو الأرض والفضاء الكونى الذى يليه، وتلخص اقتراحه فى إطلاق قمر فى حجم كرة السلة، وأطلق على هذا القمر اسم «أصغر أقمار الأرض الصناعية التى لا تحمل بشراً».

وتلخصت الفكرة فى تعبئة القمر الصناعى بأجهزة علمية تحاكى تلك التى تحمل فى مقدمات الصواريخ، بالإضافة إلى محطة إذاعة لاسلكية ترسل من تلقاء ذاتها قراءات تلك الأجهزة إلى سطح الأرض. وبدا أن ذلك القمر سوف يتيح للعلماء فرصة جمع معلومات أوفى وأشمل من تلك التى كانوا يحصلون عليها باستخدام الصواريخ وحدها، لأن فترة تحليق الصاروخ فى الجو لا تتعدى دقائق معدودات، أما القمر الصناعى فيمكنه أن يبقى سابحاً فى الفضاء عدة أسابيع، بل ربما عدة شهور.

وفى صيف عام ١٩٥٤ اجتمع نفر من خبراء الصواريخ مع بعض أقطاب ضباط الجيش والبحرية فى واشنطون، وحضر الاجتماع كل من الدكتور سنجر والدكتور ڤرنر فون براون.

وأكد الدكتور فون براون للمجتمعين أن صاروخ ردستون الذى كان الجيش قد أتم اختباره بنجاح، يمكن أن يستخدم كمرحلة أولى فى بناء صاروخ متعدد المراحل يعد لإطلاق قمر صناعى يزن نحو كيلو جرامين. وكان صاروخ ردستون هذا صاروخاً حربياً بنى على غرار الصاروخ ف ٢ بمعرفة الدكتور فون براون ومعاونيه فى معمل القذائف التابع للجيش فى هنسفيل بألاباما. وبلغت زنة مقدمته

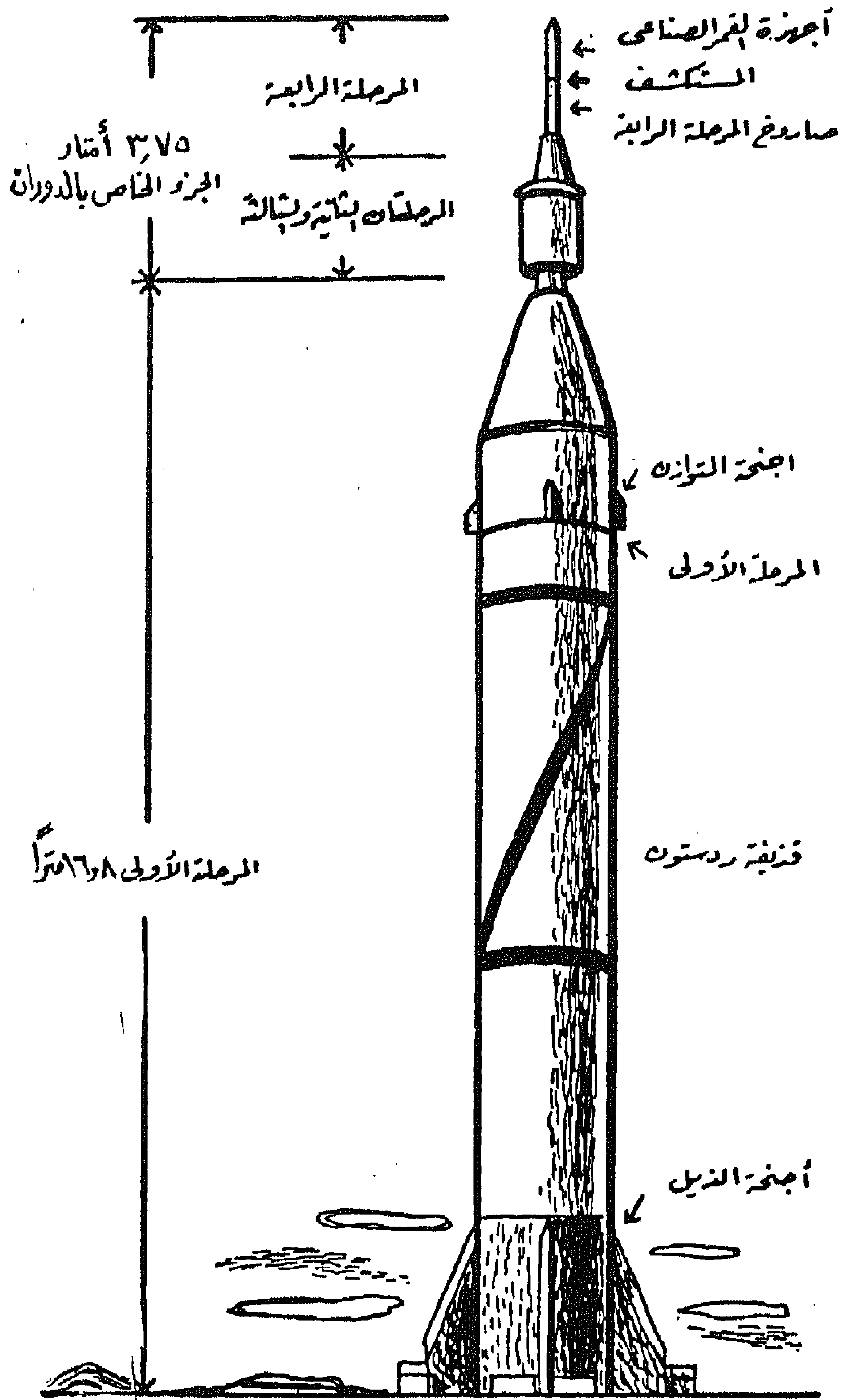
المحشوة بالمفرقعات خمسة أطنان، فاقترح دون براون أن تبدل هذه المقدمة بمجموعة من صواريخ الوقود الجاف. وأطلق على المشروع كله اسم «مشروع أوربيتر»، ورئى أن يبادر الجيش ببناء الصاروخ فى حين يوكل أمر تجهيز المقدمة إلى معمل البحوث التابع للبحرية. وبعد مضى عدة شهور تقدمت لجنة خاصة بالسنة العالمية لطبيعيات الأرض من أجل اشتراك دول الأرض وتعاونها فى أرصاد الأقمار الصناعية خلال السنة العالمية لطبيعيات الأرض.

وود الجيش أن يمضى قدمًا فى مشروع أوربيتر، كما أبدى السلاح البحرى رغبته فى بناء صاروخ من مراحل ثلاث على أن يستخدم الڤيكنج فى المرحلة الأولى. وعمدت مصلحة الدفاع الأمريكية إلى تشكيل لجنة من تسعة علماء بقصد دراسة هذه المقترحات، فجاءت الأصوات المؤيدة لمشروع البحرية ٧ أصوات ضد ٢.

وفى ٢٩ من يوليو عام ١٩٥٥ أعلن البيت الأبيض أن مشروع القمر الصناعى قد وكل أمره إلى البحرية وأطلق عليه اسم مشروع الڤانجارد. وكان المفروض حسب الجدول أن يطلق القمر الأول فى نوفمبر عام ١٩٥٧، على أن يكون قمراً صغيراً لا يعدو قطرة ١٥ سنتيمتراً. أما أول أقمار الڤانجارد كاملة الحجم فقد اتفق على إطلاقها فى مارس عام ١٩٥٨.

وفى ٤ من أكتوبر عام ١٩٥٧ أطلق الروس أول أقمارهم الصناعية المسمى (سپوتنك)، فاهتز الرأى العام فى أمريكا واستاء الناس لسماعهم خبر نجاح الروس وسبقهم فى هذا المضمار. ونوقش الأمر طويلاً فى الكنجرس وعلى صفحات الجرائد، مما حدا بمصلحة الدفاع إلى أن تكلف الجيش بالمضى قدماً فى سبيل تنفيذ مشروع أوربيتر.

وفى السادس من ديسمبر عام ١٩٥٧ عملت محاولة لإطلاق أحد صواريخ الڤانجارد فى كيب كانا ڤيرال بفلوريدا، إلا أن الصاروخ ارتفع عدة أمتار ثم انفجر. وخلال الأسبوع الذى انتهى فى ١٩ من يناير عام ١٩٥٨ عملت محاولة أخرى من أجل إطلاق أحد صواريخ الڤانجارد مرة ثانية، إلا أن أحوال الجو السيئة عاقت تلك العملية عدة أيام، ثم ظهر عطب بخزان الوقود الذى يدفع صاروخ المرحلة الثانية، وكان لزاماً بطبيعة الحال إصلاح ذلك العطب.



صاروخ جوبيتر – سى الذى نجح إطلاقه فى يناير عام ١٩٥٨

وفى تلك الأثناء كان خبراء الجيش بإشراف فون براون وأقرانه قد أقاموا صاروخهم فى كيب كانافيرال، ثم نجحوا فى إرساله إلى عنان السماء يوم ٣١ من يناير عام ١٩٥٨، وبذلك تم إطلاق أول قمر صناعى أمريكى. وكان قوام ذلك الصاروخ أربع مراحل، كل مرحلة عبارة عن صاروخ جوبيتر سى. وبلغ ارتفاع المجموعة ٢٠,٥٥ متراً.

وصنعت المرحلة الأولى من أحد صواريخ ردستون التى تعمل بالوقود السائل، وبلغ طول هذا الصاروخ ١٦,٨ متراً، كما ركبت فيه خزانات مستطيلة لنوع خاص من الوقود يقال له هيدين بالإضافة إلى الأوكسجين المسال. أما الأنف فى نهاية المقدمة فكان قابلاً للانفصال، وقد ثبتت فيها المراحل الأخرى والقمر الصناعى، فبلغ طوله ٣,٧٥ مترًا. وجاء مكان الجيروسكوب وآلات المراقبة الخاصة بتوجيه الصاروخ فى الفضاء فى مقدمة الصاروخ الأول الذى كون المرحلة الأولى، وضمت المرحلتين الثانية والثالثة أسطوانة على شكل حزمة كبيرة ركبت على محور بحيث يمكن أن تدار بوساطة محرك كهربى فى الطرف الأمامى للصاروخ الأول.

وتكونت المرحلة الثانية من مجموعة ضمت ١١ صاروخاً من صواريخ الوقود الجاف التى بلغ قطر كل صاروخ منها ١٥ سنتيمتراً وطوله متراً واحداً. وفى الحقيقة كانت المرحلة الثالثة جزءاً من المرحلة الثانية، فتكونت بدورها من ثلاثة صواريخ مشابهة فى مركز المجموعة. وثبتت المرحلة الرابعة التى صنعت من صاروخ مماثل أيضاً فى رأس المجموعة، أما القمر الصناعى فبدا على شكل قذيفة أو رصاصة تتصل بالمرحلة الرابعة. ويبين الشكل المرسوم قدر المستطاع تركيب أجزاء الصاروخ «جوبيتر يسى» ويوضحها.

وتم بناء المراحل الثلاث الأخيرة وكذلك القمر الصناعى فى معمل جيت پروپلشن بمعهد الفنون بكاليفورنيا. وبدأت الاستعدادات تجرى لإطلاق جوبيتر سى ظهر يوم ٣١ من يناير عام ١٩٥٨، وفى فترة المساء وخلال الليل تم اختبار معداته كافة، وفى تمام الساعة ٩ والدقيقة ٢٠ أخلى المكان وظهر الصاروخ وحده واقفاً على قاعدة الإطلاق، وسلطت عليه الأنوار الكاشفة. وفى تمام الساعة ١٠ والدقيقة ٢٥ بدأت المرحلة العليا للصاروخ حركة دورانها، وفى الساعة ١٠ والدقيقة ٣٥ شرع الصاروخ يرسل إشاراته اللاسلكية، وفى تمام الساعة ١٠

والدقيقة ٤٨ ضغط أحد العلماء المكلف بإطلاق الصاروخ على زر الإطلاق، وعندها تتابعت سلسلة من العمليات السريعة انتهت بتضاغط الوقود فى خزانات الصاروخ، ومن ثم بدء الحركة.

وظهر وميض أو بريق خاطف فى قاعدة الصاروخ بعد مضى $15\frac{3}{4}$ ثانية من لحظة الضغط على زر الإطلاق، ثم اندفع اللهب فى لون برتقالى، وبدأ الصاروخ الجبار يعلو فى الجو ببطء حتى بدا كأنما يحفظ توازنه على عمود من النيران الذهبية اللون، ولم يلبث أن ازدادت سرعة تحركه فمرق فوق الرءوس وسط أمواج الأزيز والصخيب.

واستهلكت المرحلة الأولى وقودها بعد مضى دقيقتين ونصف دقيقة، حاملة الصاروخ إلى علو ٩٦ كيلومتراً حيث انفصلت عن المقدمة وعن غيرها من المراحل وتساقطت إلى المحيط راسمة قوساً عظيمة. واستمرت مقدمة المرحلة الأولى، التى تحمل المراحل الباقية والقمر الصناعى، فى الارتفاع حتى حلقت على علو ٣٢٠ كيلومتراً بعد مضى أربع دقائق من لحظة الانفصال. وخلال هذه الفترة من الزمان عملت آلات التوجيه الإلكترونية على تغيير اتجاه خط السير، أو بمعنى أصح أمالت خط سير المجموعة، حتى أصبح موازيًا لسطح الأرض. وتمت هذه العملية بوساطة عدة مخارج حول قاعدة المقدمة اندفع منها هواء مضغوط داخل خزان فيها حسب المقادير الكافية أو اللازمة.

وتتبعت أربع محطات إلكترونية فى كيب كانافيرال مسار الصاروخ بكل دقة، وكانت اثنتان منها تعملان بالرادار، واثنتان تعملان بأمواج اللاسلكى. وقد أمكن تحديد اللحظة التى وصل فيها مسار المجموعة إلى القمة، أو اللحظة التى تحركت فيها المجموعة بمحاذاة سطح الأرض، وعندها ضغط الدكتور أرنست شتوكنجر زراً خاصاً مرسلاً إشارة لاسلكية أو أمراً إلى المجموعة.

وأطلق هذا الأمر المرحلة الثانية من عقالها، واشتعل وقود الأحد عشر صاروخاً، فى حين تساقطت مقدمة المرحلة الأولى. واستمر وقود المرحلة الثانية يحترق خلال ست ثوان عاملاً على زيادة السرعة بطبيعة الحال. وفى نهاية هذه الفترة بدأت المرحلة الثالثة عملها فى الحال فى حين تساقط حطام المرحلة الثانية. واستغرق عمل المرحلة الثالثة ست ثوان أيضاً ازدادت خلالها السرعة زيادة كبيرة. وأخيراً انطلقت المرحلة الرابعة بعد أن انفردت عن المجموعة، واستمرت

تعمل حتى استهلكت وقودها فى ست ثوان؛ ووصلت السرعة فى نهاية هذه المدة إلى ما يربو على ٢٩ ألف كيلومتر فى الساعة الواحدة، وبقى حطام المرحلة الرابعة متصلاً بالقمر الصناعى فى أثناء سبحه حول الأرض.

وهكذا وصل القمر الصناعى مداره المرسوم له. بعد مضى ٦ دقائق و ٤٨ ثانية من لحظة إطلاق الصاروخ جوبيتر – سى. وكان هذا المدار يميل على خط استواء الأرض بزاوية قدرها ٣٤°، وصار القمر يحلق فى أدنى نقط المسار على علو ٣٥٠ كيلو متر فوق سطح الأرض، ثم يرتفع إلى علو ٢٥٤٠ كيلومتر فى أعلى نقط المسار، بحيث يتم دورة كاملة حول الأرض كل ١١٤ دقيقة.

وأطلقت مصلحة الدفاع الأمريكية على هذا القمر اسم «المستكشف». ونظراً للارتفاع العظيم الذى وصل إليه اعتقد كثير من العلماء أنه سوف يظل يدور حول الأرض عاماً كاملاً قبل أن تسبب عوامل المقاومة التى يلقاها عندما يقترب من سطح الأرض سقوطه.

ويبلغ طول المستكشف متراً واحداً، وكان قطره ١٥ سنتيمتراً، وهو حجم أنبوبة المرحلة الرابعة نفسها التى ظلت تلازمه فى أثناء سبحه حول الأرض. وبلغ وزن المجموعة ١٣,٧ كيلوجراماً. أما الأجهزة التى حملها القمر فكانت قد صممت من أجل قياس شدة الأشعة الكونية، ومجارى الشهب، وكذلك التغيرات فى درجة حرارة القمر الصناعى. وكانت الأشعة الكونية تقاس بعداد جيجر، واستخدم مكبر للصوت مع حظائر خارج القمر الصناعى من أجل رصد كميات الشهب الهاطلة، وكانت درجة حرارة القمر الصناعى تقاس بوساطة ترمومترات المقاومة الكهربية. وكانت هذه المعلومات كلها ترسل إلى الأرض أولاً فأولا بوساطة محطتى إذاعة لاسلكيتين فى القمر الصناعى تعملان على ذبذبتين قدرهما ١٠٨، ١٠٨,٠٣ ميجاهرتز.

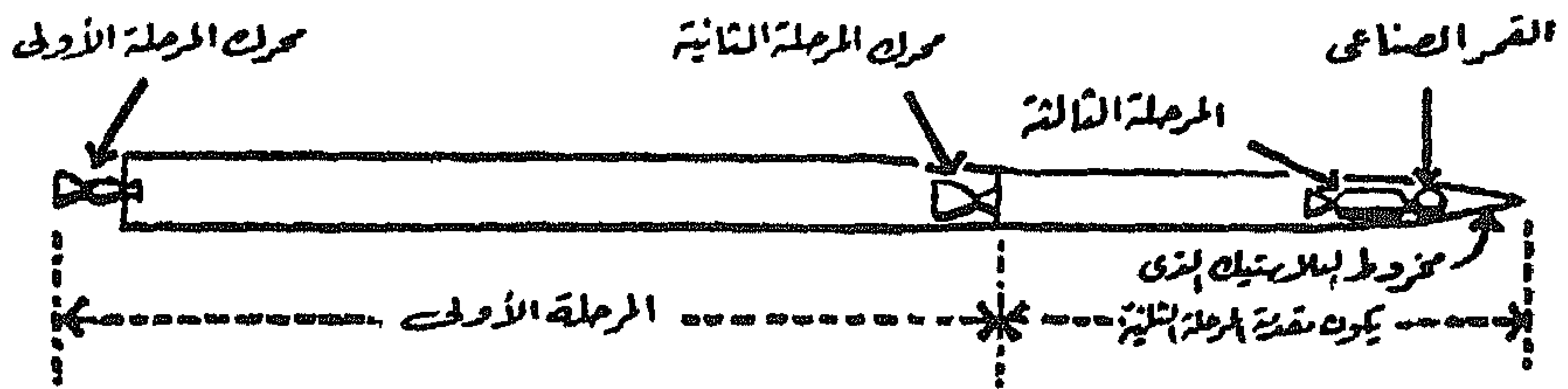
وفى ٥ من مارس عام ١٩٥٨ حاول الجيش أن يطلق قمراً باستخدام الصاروخ جوبيتر–سى، وكان ذلك فى تمام الساعة الواحدة والدقيقة ٢٨ صباحاً، فوصل الصاروخ إلى علو ٣٢٠ كيلومترا، إلا أن المرحلة الرابعة لم تنطلق من عقالها، وبذلك لم يكتسب القمر السرعة الكافية أو اللازمة لحمله إلى مساره المرسوم، فاحترق كما تحترق الشهب بمجرد دخولها طبقات الجو السميكة، وسمى هذا القمر الثانى المستكشف رقم ٢.

وأطلق المستكشف الثالث فى ٢٦ من مارس عام ١٩٥٨ باستخدام الصاروخ جوبيترسى، إلا أن زاوية إطلاقه كانت من الرداءة بحيث أصبحت أدنى نقط مسار القمر لا تبعد عن سطح الأرض بأكثر من ١٦٠ كيلومتراً، فى حين ارتفعت أعلى نقط المسار إلى علو ٣٢٠٠ كيلومتر وبطبيعة الحال نجم عن اقتراب القمر الصناعى ودخوله طبقات الجو الدنيا السميكة فى هذا المسار عدم بقائه طويلاً.

٦ - مشروع الڤانجارد

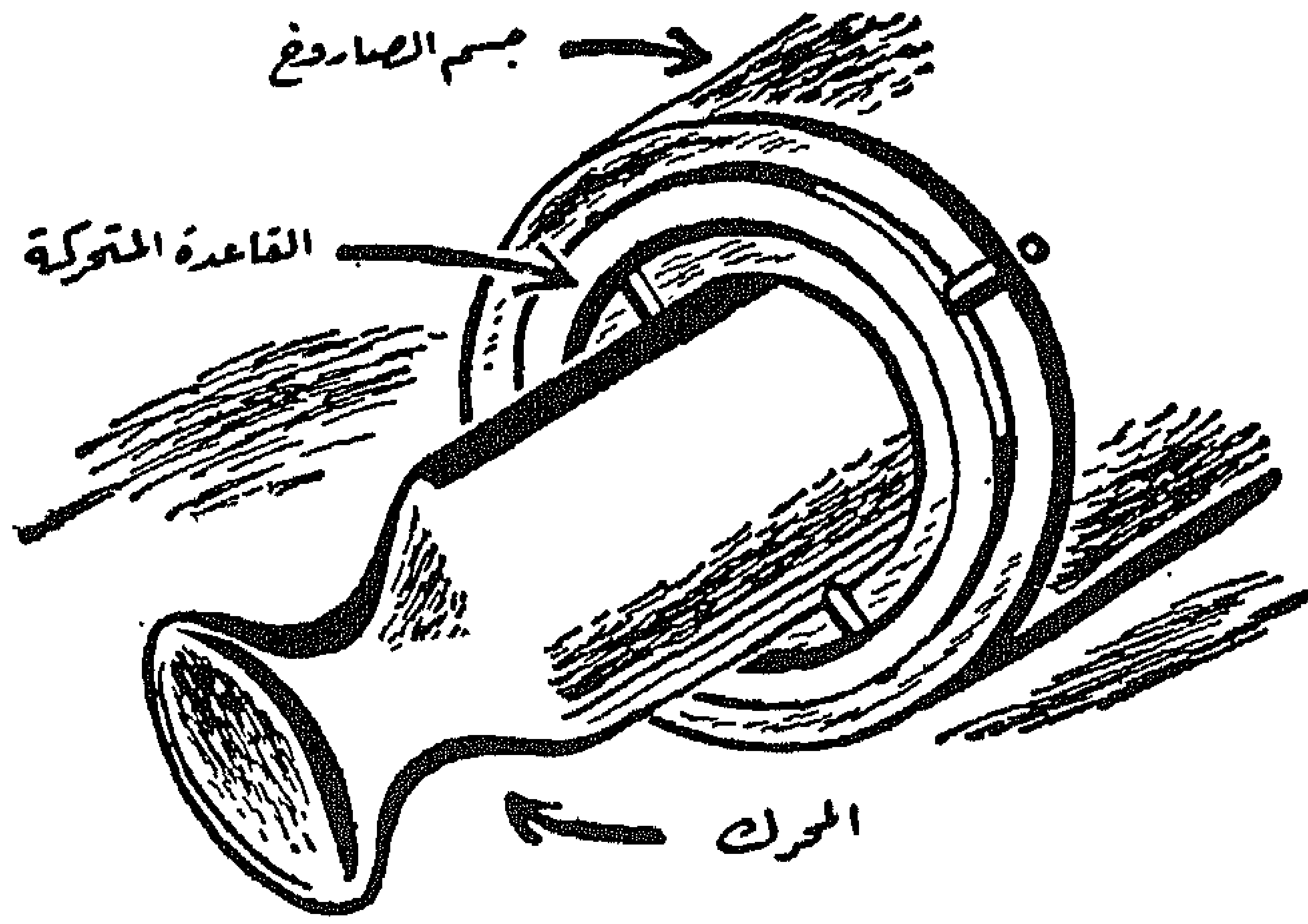
بدأ مشروع الڤانجارد فى صيف عام ١٩٥٥، ففى شهر يوليو من ذلك العام أعلن البيت الأبيض أن التعليمات قد صدرت إلى معمل بحوث البحرية ليصمم صاروخاً يصلح لإطلاق ستة أقمار صناعية على الأقل. ووضع على رأس هذا المشروع الدكتور جون ب. هاجن من قادة المتخصصين فى هذا الميدان.

وتم تصميم صاروخ من ثلاث مراحل فى شكل رصاصة البندقية. وبرغم أن طول هذا الصاروخ بلغ ٢١,٦ متراً لم يزد طول قطر قاعدته على ١,٠٥ متر. وتكونت المرحلة الأولى فيه من صاروخ محور من صواريخ الڤيكنج التى تعمل بالوقود السائل المكون من زيت البترول والأوكسجين المسال. وقد بلغ طول الصاروخ ١٣,٢ متراً، وكان الوقود يدفع إلى غرفة الاحتراق بواسطة مضخة يديرها (تربين) يعمل بالبخار الذى يولده فوق أوكسيد الهدروجين. وهناك أيضاً كرة مملوءة بغاز الهيليوم تمد المحرك بالضغط اللازم لتدفق الوقود إلى غرفة الاحتراق عند الابتداء.



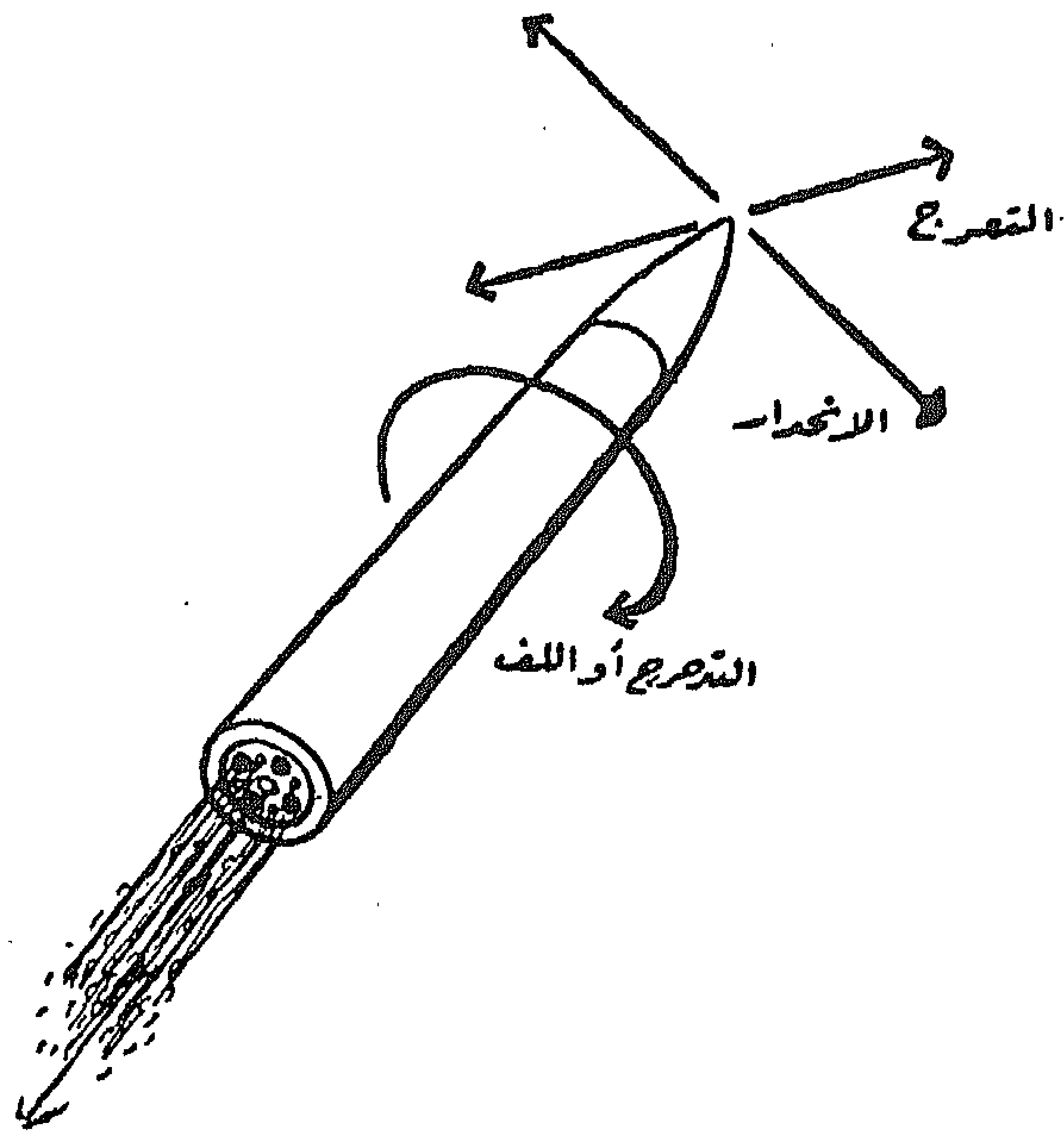
صاروخ الڤانجارد الذى صممته البحرية من ثلاث مراحل

ولم تكن للصاروخ أجنحة أو زعانف تحفظ توازنه أو تغير اتجاهه، وبدلاً من ذلك صمم محرك المرحلة الأولى بحيث يكون حرّ الحركة طليقها، فيغير اتجاه انبثاق الغازات الملتهبة من المؤخرة بالقدر المطلوب. وعلى هذا الأساس ركب هذا المحرك فى قاعدة لفافة كما فى الشكل التالى، فشد المحرك إلى محورين فى حلقة لها محور متحرك، كما علقت الحلقة بدورها فى محورين فى الاتجاه المتعامد. وكانت



أوضاع الحلقة والمحاور المتحركة كلها تحفظ بوساطة منظمات هدروليكية. وهناك ثلاثة احتمالات يمكن أن يغير معها الصاروخ خط سيره عن المدار المرسوم له. وتعرف هذه الاحتمالات الثلاثة باسم: الانحدار، والتعرج، والتدحرج. فحركة مقدمة الصاروخ إلى أعلى ثم إلى أسفل تسمى الانحدار، وحركته إلى اليمين، ثم إلى اليسار هى التعرج، أما التدحرج فيتضمن حركة المقدمة اللولبية حول محور الصاروخ، أو هى بمعنى أصح حركة اللف والدوران حول هذا المحور، كما هو موضح فى الشكل التالى. وينظم كل من التعرج والانحدار بإزاحة المحرك فى محوره المتحرك. أما التدحرج أو اللف فينظم بوساطة البخار العادم الذى يولده (التربين) على النحو الذى ذكرناه. وينبثق هذا البخار من عدة مخارج حول قاعدة الصاروخ.

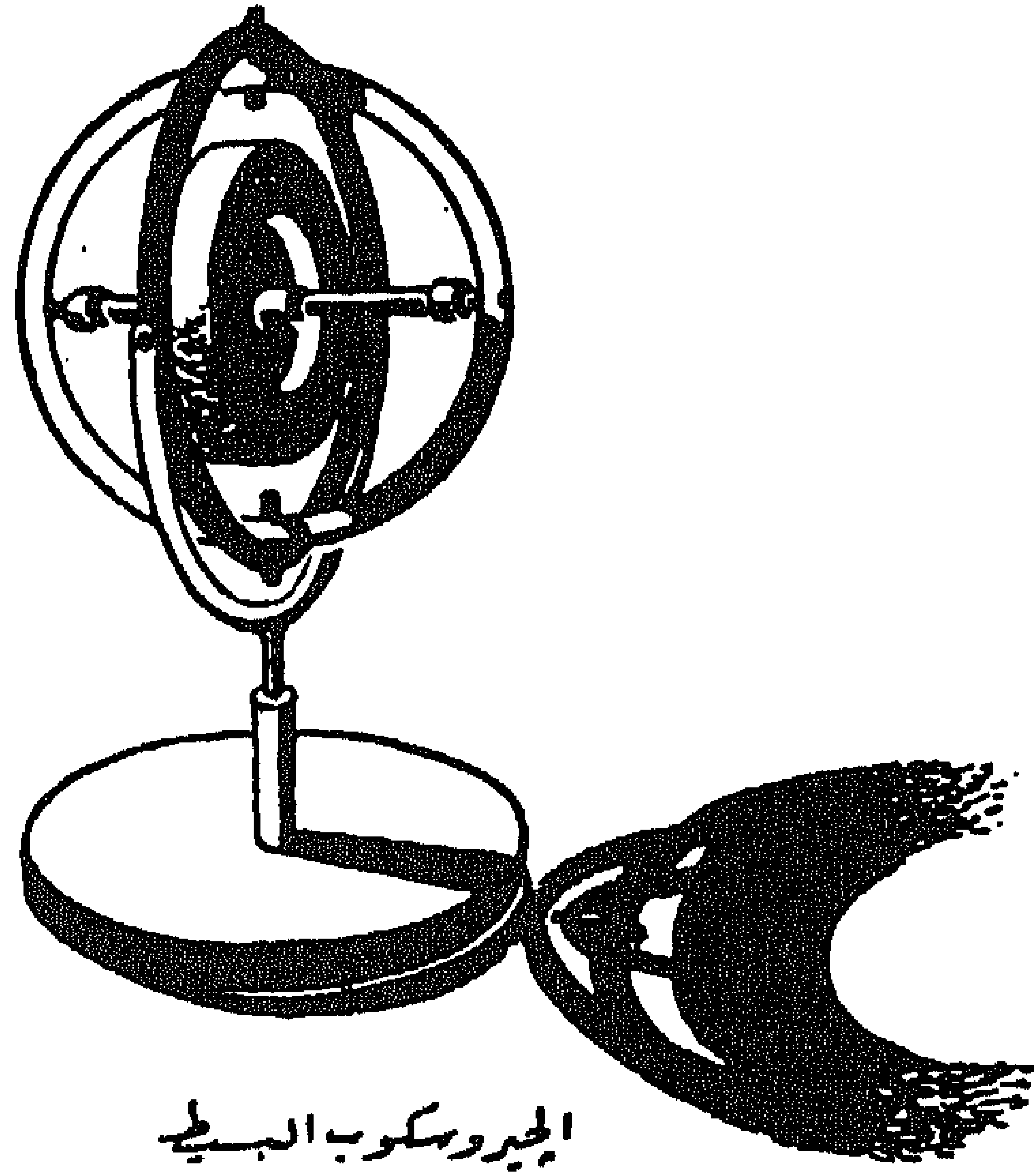
وبلغ طول المرحلة الثانية لصاروخ الفانجارد ١٨,٤ متراً، وهى مرحلة تسير بالوقود السائل المكون من الدايميثايل هيدرازين مع حامض الكبريتيك كعامل مؤكسد. وثبت المحرك فى محور متحرك كذلك. ولم يتطلب محرك هذه المرحلة مضخات ضخمة كما تطلبت المرحلة الأولى، وذلك بطبيعة الحال بسبب صغرها النسبى، واكتفى باستخدام الهيليوم المضغوط ليدفع الوقود السائل إلى غرفة الاحتراق. وهناك أيضاً عدد من المخارج الصغيرة التى يمكن أن ينبثق منها غاز البروبين المضغوط فى خزان خاص ليحول دون سيطرة عمليات اللف والتدحرج على الحركة المرسومة.



أما الصاروخ الثالث فقد صنع من أحد صواريخ الوقود الجاف الصغيرة، وبلغ طوله ٩٠ سنتيمترًا، وثبت داخل مقدمة المرحلة الثانية، على شيء أشبه بالمنضدة المتحركة أو منضدة الفونوغراف مثلا. وثبت القمر الصناعى فى مقدمة هذا الصاروخ.

ووضع الحاسب الإلكترونى الذى يدبر حركة الڤانجارد ويشرف عليها داخل المرحلة الثانية، خلف المرحلة الثالثة تمامًا. ويطلق على أهم أجزاء هذا الجهاز اسم «الچيرو المرجع» ويتركب الجيروسكوب عادة من عجلة مجهزة بمحور متحرك بحيث يمكن إزاحتها فى أى اتجاه. ويمثل الشكل التالى جهاز الجيروسكوب البسيط.

وبمجرد أن تعطى العجلة حركة دوران فى أى مستوى معين، تظل العجلة محتفظة بهذا المستوى بصرف النظر عن حركة الأجزاء التى تحملها. ولهذا السبب نجد أن الجيرو المرجع فى صاروخ الڤانجارد إنما يسجل أى انحراف يطرأ على مسار الصاروخ، ثم يصدر الأوامر الخاصة بتنظيم عمل المحركات وما يساعدها من نفاثات مساعدة جانبية.

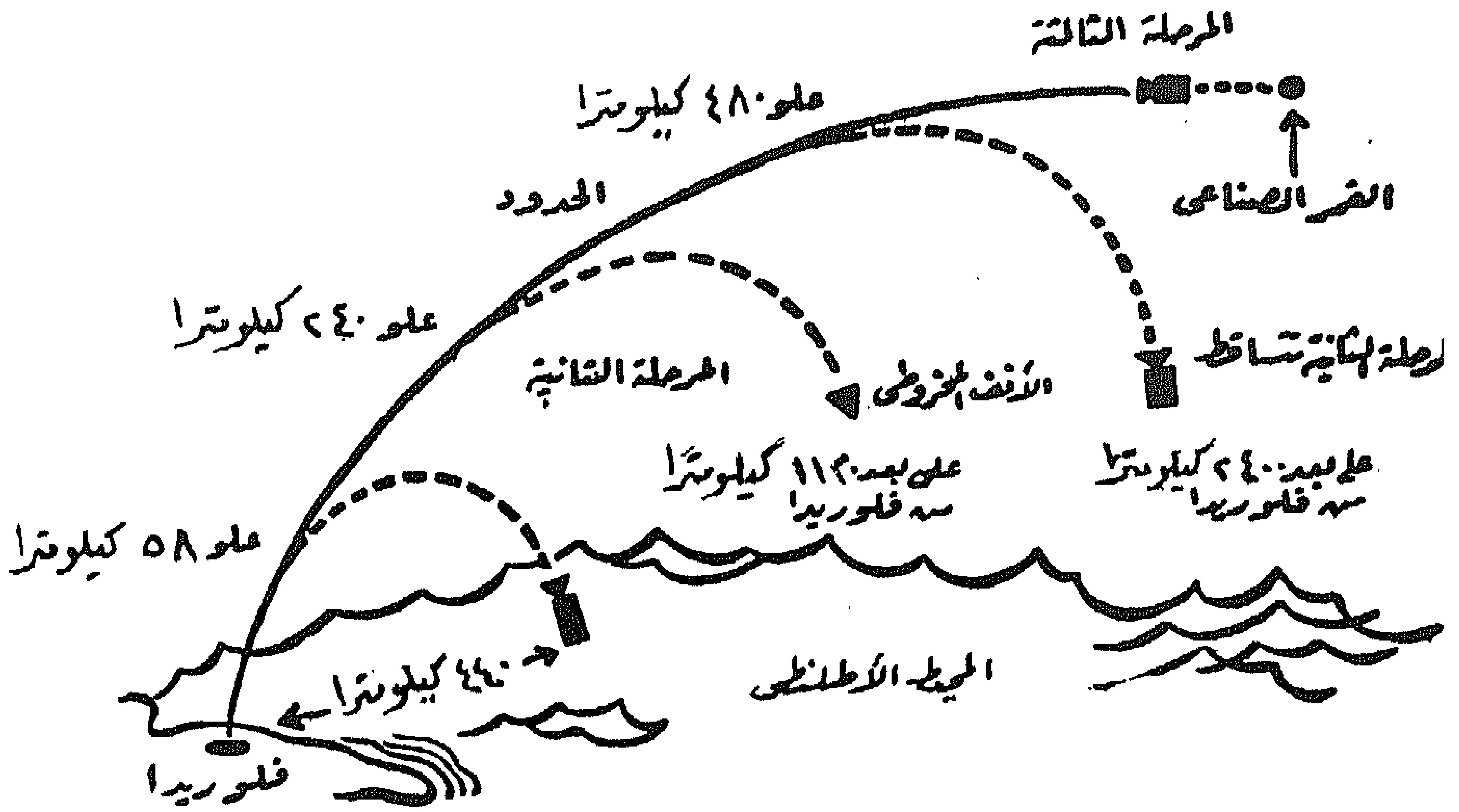


وهكذا نرى أن نجاح الڤانجارد فى حمل القمر الصناعى ووضعه فى المسار المرسوم له إنما يتوقف على إنجاز خطوات كثيرة ومعقدة يشرف عليها الحاسب الإلكترونى فى الصاروخ. وعلى أية حال يمكن اختصار هذه الخطوات كما يلى:

يقف الصاروخ منفردًا بعد أن يفرغ العلماء والمهندسون من اختباراتهم. تسمع التنبيهات التقليدية: «إلى جميع المحطات، ها هو ذا الڤانجارد يتأهب للصعود بعد س – ٢ من الدقائق». وبعد مضى دقيقة ينادى مكبر الصوت من جديد: «إلى جميع المحطات؛ ها هو ذا الڤانجارد يتأهب للصعود بعد ٦٠ ثانية». يبدأ عد الثوانى واحدة بعد الأخرى: «خمس... أربع... ثلاث... اثنتان... واحدة... أطلق».

ويظهر وميض من الضوء الساطع الذى يفوق وميض البرق شدة وحدة ينتشر من قاعدة الصاروخ، ثم يسمع هدير محركات المرحلة الأولى. ويبدأ الصاروخ فى الارتفاع ببطء على عمود من اللهب. وكلما دار المحرك فى محوره المتحرك تلوى اللهب المنبثق تماماً كما يتلوى أو يتثنى الثعبان الحى، فيرتفع الصاروخ رأسيًّا،

إلا أنه بعد مضى عشر ثوان من لحظة الانطلاق يعمد جهاز الإشراف الذاتى إلى زحزحة محرك المرحلة الأولى فيميل الصاروخ منطلقاً إلى مداره المرسوم.



يبين هذا الشكل مسار كل مرحلة من مراحل صاروخ الڤانجارد

ويسبح الصاروخ فى مسار انسيابى تجاه الجنوب الشرقى ليستقر فى فلك يصنع زاوية قدرها ٣٥ درجة مع خط الاستواء، إلا أنه يستمر فى الصعود. وبعد مضى دقيقتين ونصف دقيقة من لحظة إطلاق الصاروخ من كيب كانافيرال يصير على بعد ٤٨ كيلومتراً جنوبى فلوريدا وعلى ارتفاع ٥٨ كيلومترًا فوق سطح المحيط الأطلسى، كما تكون سرعته قد بلغت حدود ٦٤٠٠ من الكيلومترات فى الساعة الواحدة. وتلك لحظة تكون عندها المرحلة الأولى قد استنفدت. فيصدر الحاسب الإلكترونى الأمر إلى شحنة صغيرة من المفرقعات لتنفجر فى الحال وتنفصل بذلك المرحلة الأولى عن المرحلة الثانية، وفى الوقت نفسه يصدر الأمر إلى محرك المرحلة الثانية ليبدأ العمل. وتستمر المرحلة الأولى فى الارتفاع برهة من الزمن، ثم لا تلبث أن تتساقط إلى المحيط راسمة قوساً عظيمة، وتلتقى بالسطح على بعد ٤٤٠ كيلومتراً من ساحل فلوريدا.

ويمكث وقود المرحلة الثانية يعمل مدة دقيقتين ونصف دقيقة، يحلق خلالها بالمجموعة إلى علو ٢٤٠ كيلومتراً، ويرفع السرعة إلى حدود ١٨ ألف كيلومتر فى الساعة الواحدة. وبمجرد أن تبدأ المرحلة الثانية عملها يكون الصاروخ قد نفذ إلى طبقات الجو الرقيقة أو القليلة الكثافة، ولا تبقى هنالك فائدة لبقاء مقدمة الصاروخ المخروطية الشكل التى تدرأ عنه أصلا شر الاحتكاك مع طبقات الهواء الدنيا، فيصدر الحاسب الإلكترونى الأمر إليها بالانفصال، وسريعاً ما تهوى بدورها إلى المحيط. وتستمر المرحلة الثانية تحلق إلى أعلى حتى بعد نفاد وقودها. وفى تلك الأثناء تبدأ أصعب العمليات وأشدها تعقيداً بالنسبة إلى الحاسب الإلكترونى الذى يتحتم عليه أن يستلهم الچيرو ليقود المرحلة الثانية إلى مسارها المطلوب، وتتم هذه العملية باستخدام (بزبوز) مساعد ينبثق فيه غاز الهيليوم الذى يستخدم أصلا فى دفع الوقود السائل إلى غرفة الاحتراق. وعند ذلك تكون المرحلة الثانية قد حلقت إلى ارتفاع ٤٨٠ كيلومتراً، وصارت على بعد ١١٢٠ كيلومتراً من ساحل فلوريدا، كما أنها تكون قد أخذت تسبح فى مسار يوازى سطح الأرض. أما السرعة فتكون قد هبطت إلى حدود ١٤٤٠٠ كيلومتراً فى الساعة الواحدة، وبذلك تصبح الخطوة الأخيرة الباقية على إطلاق القمر الصناعى قد حل أوانها.

وتنطلق خمسة صواريخ لا يزيد طول الواحد منها على ١٢,٥ سنتيمتراً تتصل أصلاً بالمرحلة الثالثة، فتبدأ هذه المرحلة الأخيرة عملية اللف حول محورها، وبطبيعة الحال يدور معها القمر الصناعى الذى يتصل بها؛ ثم تنفصل المرحلة الثانية، ويشرع محرك المرحلة الثالثة فى العمل. وفى الوقت نفسه تنطلق من مقدمة المرحلة الثانية عدة صواريخ صغيرة إضافية قد نطلق عليها اسم «صواريخ التأخير»، إذ أنها تكون بمثابة الفرامل التى تعوق حركة المرحلة الثانية لتتساقط سريعاً إلى المحيط، راسمة قوساً عظيمة تلتقى بالسطح على بعد ٢٤٠٠ كيلومتر من ساحل فلوريدا.

ولا تحتوى المرحلة الثالثة على أداة للتوجيه، لأن مجرد دورانها يحفظ لها دوام سبحها فى مسارها، تماماً كما يحفظ دوران الرصاصة لها خط سيرها المرسوم. وفى ظرف ٣٠ ثانية من ابتداء عمل محرك المرحلة الثالثة، تكون سرعة هذه المرحلة قد وصلت إلى حدود ٢٨٨٠٠ كيلومتر فى الساعة الواحدة، كما أنها تكون قد

استنفدت وقودها. وفى تلك اللحظة تنفجر المفرقعات التى يشد إليها القمر الصناعى إلى المرحلة الثالثة، فينفصل، كما يقذف به إلى الفضاء زنبرك فيزيد سرعة تحركه بما يعادل ٩٠ سنتيمتراً فى الثانية الواحدة، ويصبح القمر حراً طليقاً.

وقد نجح إطلاق أول أقمار الڤانجارد – المعروف باسم ڤانجارد رقم ١، فى ١٧ مارس عام ١٩٥٨، وتم إطلاق صاروخ الڤانجارد الذى حمله من كيب كانافيرال فى تمام الساعة ٧ والدقيقة ١٥، ولم يكن هذا الصاروخ بالذات مكتمل الحجم، بل إن قطره لم يزد على ١٦ سنتيمتراً، إلا أن القمر وصل إلى علو شاهق، بحيث كانت أدنى نقط مساره تعلو على سطح الأرض بمقدار ٦٤٦ كيلومتراً. أما أعلى نقط المسار فقد وصل ارتفاعها إلى ٣٩٤٥ كيلومتراً. ولهذا السبب توقع العلماء أن يمكث ڤانجارد رقم ١ فى الفضاء مدة طويلة، ربما تربو على قرن أو قرنين.

٧ - أقمار صناعية
للأغراض العلمية

كان الهدف الرئيسى لتطوير الصواريخ هو غزو الفضاء واستكشافه والوقوف على احتمالات استغلاله لتعزيز إمكانات الإنسان فى السلم والحرب. ولقد تطلب ذلك بالإضافة إلى تطوير مركبة الفضاء والوصل بها إلى أعلى مستويات الأداء والأمان، تأمين الإنسان نفسه راكب هذه المركبات ضد ما قد يتعرض له فى أثناء الرحلة من أخطار الفضاء، أو ما قد يعترى صحته البدنية والنفسية من اعتلالات نتيجة للظروف التى يعيش فيها فى أثناء الرحلة، خاصة العجلة الهائلة التى يتعرض لها فى بدء الرحلة وأسلوب المعيشة الذى يختلف اختلافاً بيناً عما نألفه فى أسفارنا على الأرض.

ولهذه الأسباب سارت برامج جمع المعلومات عن الفضاء وطب الفضاء جنباً إلى جنب مع تطوير مركبات الفضاء التى تحمل الإنسان إلى خارج نطاق الأرض، والتى وصلت به إلى القمر.

ووجد العلماء فى ذلك بغيتهم فحمَّلُوا الصواريخ بمختلف أجهزة القياس وآلات الرصد التى تنبئهم بما يجرى فى أغوار الفضاء. ثم جاءت فكرة الأقمار الصناعية التى تدور فى مدارات حول الأرض شهوراً أو سنيناً، فأضافت بذلك ميزة كبيرة حيث أن الصواريخ لا تلبث كثيراً فى الفضاء، أما الأقمار الصناعية فتأتى بالمعلومات أماداً طويلة. أضف إلى ذلك أنه أمكن استغلال الأقمار الصناعية فى تحسين سبل المعيشة على الأرض، فقد أصبحت تؤدى خدمات جليلة فى الأرصاد الجوية والاتصالات والملاحة واستكشاف ما فوق سطح الأرض وما فى باطنها.

والأقمار الصناعية مختلفة الأحجام والأشكال، فهى تصمم وفقاً للمهمة التى عليها أن تؤديها، فمنها ما هو على شكل الكرة، ومنها المخروطى الشكل، ومنها الأسطوانى. وتجهز بأجهزة قياس تعطى قراءاتها على شكل نبضات كهربائية وفقا لشفرة محددة وبها حاسب الكترونى وجهازى إرسال واستقبال لإرسال الشفرات إلى الأرض حيث تحل رموزها وتترجم إلى معلومات. أما جهاز الاستقبال،

فوظيفته تلقى التعليمات من العلماء على الأرض لأداء ما يريدونه من مهام. ويبرز من السطح الخارجى للقمر الصناعى هوائيات الإرسال وأذرع تحمل خلايا شمسية لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية لتشغيل الأجهزة.

وفيما يلى بعض المعلومات التى حصلنا عليها من الأقمار الصناعية والخدمات التى تؤديها لنا وهى فى مداراتها حول الأرض.

كان المعروف من دروس الجغرافيا حتى عام ١٩٥٨ أن الأرض مفرطحة عند القطبين. ولكن لوحظ حدوث تغيرات فى مدار القمر الصناعى الذى أطلق فى مارس ١٩٥٨. وحيث أن مدار القمر الصناعى يتوقف على قوة الجاذبية الأرضية المؤثرة فيه، وهذه القوة تتغير بتغير شكل الأرض، فقد استنتج العلماء أن هذه التغيرات ناتجة عن اختلاف شكل الأرض عما افترضوه لها طبقاً لمعلوماتهم السابقة. وظهر بالحساب أنها تميل قليلا إلى شكل ثمرة الكمثرى «وعنقها» عند القطب الشمالى.

ومن الاكتشافات المثيرة التى أمكن الوصول إليها بالأقمار الصناعية، وجود حزام من الإشعاعات الذرية يحيط بالأرض فوق المناطق الاستوائية على ارتفاع ١٠٠٠ – ١٥٠٠ كيلومتر من سطح الأرض. وهذه الإشعاعات خطرة على حياة الإنسان ويجب تفاديها فى أسفار الفضاء.

وتبعث إلينا الأقمار الصناعية بمعلومات عن درجة الحرارة فى الفضاء، ولا يستخدم فى قياس درجات الحرارة هذه الترمومتر العادى بل يستخدم «الثيرمستور»، وهو قرص من مادة شبيهة بالسيراميك تتغير مقاومتها الكهربائية تغيراً حادًّا بتغير درجة الحرارة، فيوضع هذا الثيرمستور على السطح الخارجى للقمر الصناعى ويوصل بدائرة كهربائية يتغير فيها التيار بتغير مقاومته نتيجة لتغير درجة الحرارة، وترسل هذه التغيرات الكهربائية إلى المحطات الأرضية بواسطة جهاز الإرسال المزود به القمر الصناعى، كما أنها تسجل وتختزن فى الدوائر الالكترونية الموجودة فيه.

ويهتم العلماء خاصة بسيل الشهب المتواصل الذى تتعرض له الأقمار الصناعية فى الفضاء، فإن بلايين الشهب تدخل جو الأرض كل يوم، وتتراوح حجوم حبات أغلبها ما بين حجوم ذرات الغبار وحجوم حبات الرمل، ويزيد حجم القليل منها

على ذلك. ومن الأجهزة التى تستخدم فى دراسة الشهب والكشف عن أسرارها ما يطلق عليه العلماء اسم «الحظائر المتحاتة»، وتتكون كل حظيرة من هذا النوع من شريط معدنى يشد خارج جسم القمر الصناعى، ويعرض تعريضاً مباشراً للشهب التى تعمل على حته شيئاً فشيئًا كلما تساقطت عليه. وعندما يمر تيار كهربائى فى الشريط، نجد أن شدة هذا التيار تقل كلما ازداد التحات فى الشريط، وذلك لنقص سُمكه وزيادة مقاومته تبعاً لذلك. وتسجل هذه التغيرات فى شدة التيار وترسل بواسطة جهاز الإرسال إلى المحطات الأرضية.

وثمة طريقة أخرى تتبع فى دراسة الشهب، قوامها استخدام مكرفون يوضع داخل القمر الصناعى ليسجل نقرات حبات الشهب عندما تصطدم بالسطح الخارجى للقمر.

وتحظى دراسة الأشعة الكونية خارج جو الأرض باهتمام العلماء. والأشعة الكونية جسيمات ذرية وإشعاعات تتساقط على الأرض آتية من الفضاء الخارجى. ولقد استخدم العلماء القمر الصناعى لدراسة هذه الأشعة قبل دخولها جو الأرض والتفاعل مع ذرات الغازات المكونة له. فتوضع عدادات جيجر وغيرها من أجهزة الكشف عن هذه الأشعة فى القمر الصناعى بترتيب معين وتوصل بالأجهزة الالكترونية التى تسجل الأحداث التى تكشف عنها هذه العدادات وترسلها إلى المحطات الأرضية عن طريق جهاز الإرسال.

ويدور حول الأرض الآن ما يزيد على ألف قمر صناعى تقوم بأداء مهام محددة تساعدنا فى كثير من الأنشطة التى تيسر لنا الحياة على الأرض. ومن هذه المهام ما يأتى:

الأقمار الصناعية للأرصاد الجوية:

هذه الأقمار مزودة بآلات تصوير تليفزيونية لتصوير التكوينات السحابية فوق مساحات شاسعة من سطح الأرض، وتستقبل هذه الصور على الأرض فتساعد على دقة التنبؤات بالأحوال الجوية. وبعض هذه الأقمار مزود بأجهزة حساسة للأشعة تحت الحمراء لقياس كمية الحرارة التى تشعها السحب والمسطحات المائية والأجزاء اليابسة من الأرض.

الأقمار الصناعية لاستكشاف الموارد الطبيعية الأرضية:

يمكن لهذه الأقمار الصناعية أن تميز ما فوق سطح الأرض من أراضى قاحلة أو مزروعة ومن صخور أو منشآت ذات طبيعة خاصة، كما يمكنها التمييز بين المحاصيل وأنواعها والمصاب منها بآفات والسليم. ويمكنها أيضاً استكشاف ما فى باطن الأرض من مياه أو ثروات معدنية وما فى جو الأرض من تلوث. فنحن نعلم أن جميع الأشياء تبعث بأشعة حرارية، يسميها العلماء الأشعة تحت الحمراء، وتختلف الأشعة الحرارية المنبعثة من الأشياء باختلاف طبيعتها ودرجة حرارتها. وهذه الأقمار الصناعية مزودة بمحساسات حرارية تميز بين مختلف أنواع الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من الأشياء التى على سطح الأرض أو فى باطنها أو جوها. كما يوجد فى القمر الصناعى حاسب آلى يعالج البيانات التى تعطيها المحساسات وترسل النتائج إلى الأرض عن طريق جهاز الإرسال. فيحصل العلماء على خرائط لمختلف المناطق الأرضية، يعرفون منها ما يريدون معرفته بشأن المحاصيل والثروات المعدنية والمياه الجوفية وغير ذلك من المعلومات التى لولا تلك الأقمار الصناعية ما تيسر لهم الحصول عليها إلا بعد سنوات من العمل المضنى.

الأقمار الصناعية للاتصالات:

يوجد الآن اتصال تليفونى وتلغرافى وتليفزيونى بين أجزاء العالم المختلفة، ما كان من الممكن أن يتحقق بدون الاستعانة بالأقمار الصناعية. وتختلف هذه الأقمار الصناعية عن غيرها فى أنها تبدو ثابتة، لا يتغير موقعها بالنسبة للراصد على الأرض. ولكنها فى الواقع تدور فى مدار حول الأرض، غير أن سرعتها فى هذا المدار تساوى تماماً سرعة دوران الأرض حول نفسها، فكلما دار القمر الصناعى مسافة معينة دارت الأرض هذه المسافة نفسها، وهكذا يبدو القمر الصناعى للراصد على الأرض كأنه معلق فى السماء على ارتفاع قدره ٣٥٨٨٠ كيلومتراً. لقد كانت صعوبة الاتصال بين الأماكن البعيدة عن بعضها البعض هى أن موجات الراديو والتليفزيون لا يمكنها الوصول إلى مسافات بعيدة نظراً لانحناء سطح الأرض. وباستخدام موجات دقيقة، طول موجتها قصير جدًّا، وتوجيهها نحو القمر الصناعى تنعكس هذه الموجات من السطح الخارجى للقمر، كما تنعكس أشعة الضوء من سطح المرآة، وتتجه إلى مناطق بعيدة عن المصدر.

وتوجد أقمار صناعية مزودة بأجهزة إرسال واستقبال ودوائر الكترونية لتضخيم الموجات، فتستقبل الموجات القادمة إليها من محطة الإرسال الأرضية وتضخمها ثم تعيد إرسالها نحو الأرض فتغطى مساحة كبيرة جدًا منها. ويستطيع المقيمون فى القاهرة أو الرياض أو بغداد الاستمتاع بمشاهدة مباراة كرة القدم التى تجرى فى النصف الغربى من العالم، على شاشة التليفزيون دون مشقة أو عناء. بل من الممكن إقامة مناظرة أو حوار بين فريقين أحدهما فى الشرق والآخر فى الغرب بالاتصال التليفزيونى عن طريق القمر الصناعى.

الأقمار الصناعية للملاحة :

لم يعد الضباب ولا السحاب من الأمور المزعجة لربان السفينة فى عرض البحر، فيستطيع ربان السفينة معرفة مكانه بالضبط بالاستعانة بقمر صناعى يدور حول الأرض خصيصاً لهذا الغرض. فيرسل الربان إشارة خاصة بالراديو إلى القمر الصناعى، ويأتيه الرد أيضاً بالراديو محدداً موقع القمر الصناعى فى مداره. ولدى الربان جدول بمواعيد ومواقع القمر الصناعى فى مداره، فيستطيع بالطرق المعتادة فى الملاحة، تحديد موقع السفينة بالضبط.

أقمار التجسس :

لقد أطلقت كل من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى أقماراً صناعية للتجسس والاستطلاع. وهذه الأقمار الصناعية مزودة بمحساسات للأشعة تحت الحمراء التى تستطيع تصوير المنشآت العسكرية، واكتشاف الصواريخ العدائية، وإطلاق صواريخ مضادة لاعتراض مسار الصواريخ العدائية وتحطيمها قبل بلوغها الهدف.

مركبات الفضاء :

نجحت كل من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى فى إطلاق صواريخ لسبر أغوار الفضاء، ومعرفة ما يجرى على سطوح الكواكب الأخرى. فقبل هبوط الإنسان على سطح القمر، تسابق كل من البلدين فى إرسال مركبات الفضاء الخالية من البشر (مسابير) لتدور حول القمر وتلتقط صوراً تليفزيونية

لجميع أجزائه، بل لقد حطت مركبة فضائية سوفيتية وأخرى أمريكية خاليتان من البشر على سطح القمر لمعرفة طبيعة هذا السطح.

ومركبات الفضاء مزودة بمختلف وسائل الاستكشاف والتصوير والتليفزيونى لترسل إلى الأرض ما تحصل عليه من معلومات وصور. ولقد أرسلت مركبات إلى كل من المريخ والزهرة وعطارد والمشترى وزحل، وهى الآن فى طريقها إلى النجوم خارج المجموعة الشمسية.

٨ – سبوتنك الروسى

ربما رأيت أحد أقمار سبوتنك الروسية يعبر السماء بعد الغروب بمدة قصيرة أو قبيل الشروق فى خريف عام ١٩٥٧، فقد كان يبدو كنجم لامع جداً وهو يسبح فى مساره ليقطع القوس من أفق إلى أفق فى مدة لا تتجاوز خمس دقائق. وربما أتيحت لك أيضاً فرصة سماع نغمة البيب – بيب التى دأب على إذاعتها إذا كان لديك جهاز التقاط الأمواج القصيرة واستطعت أن تضبطه على الموجة التى كان يرسل عليها إشاراته، فقد أطلق الروس قمرين رآهما وسمع إشاراتهما الألوف المؤلفة من الناس، فى أنحاء الأرض كافة، وأطلقوا عليهما الاسم الروسى «سبوتنك»: وهما سبوتنك رقم ١ وسبوتنك رقم ٢.

وتم إرسال سبوتنك رقم ١ إلى الفضاء فى ٤ من أكتوبر عام ١٩٥٧، والتقطت أولى إشاراته اللاسلكية فى الولايات المتحدة فى تمام الساعة ٨ والدقيقة ٧ مساء بعد أن اتفق أعضاء السنة العالمية لطبيعيات الأرض على أن ترسل الأقمار الصناعية إشاراتها اللاسلكية على موجة ذبذبتها ١٠٨ ميجاهرتز، إلا أنه تبين أن سبوتنك رقم ١ إنما كان يرسل إشاراته اللاسلكية على موجتين ذبذبتهما ٢٠ ثم ٤٠ ميجا هرتز.

وبمجرد أن عرف أن سبوتنك (١) كان يسبح فى الفضاء دأب مرصد سمثونيان فى واشنطون على الاتصال بمراقبى القمر فى أنحاء الأرض كافة مستخدماً التليفون تارة والتلغراف تارة أخرى، واستطاع بذلك أن يتصل بأكثر من ١٠٠ هيئة تعمل على رصد القمر خلال الليل قبل أن يبزغ فجر اليوم التالى.

وفى الوقت نفسه صدرت التعليمات إلى الاثنتى عشرة محطة التى كانت الولايات المتحدة الأمريكية قد أنشأتها لمراقبة الفانجارد لتغير ضبط ذبذبة الأمواج الملتقطة من ١٠٨ ميجاهرتز إلى ٢٠ و ٤٠ ميجاهرتز، وكان سبوتنك (١) يسبح فى مسار يعمل مع خط استواء الأرض زاوية قدرها ٦٥ درجة ولم يكن هذا المسار صادق الاستدارة، بل كان قطعاً ناقصاً. والمعروف أنه إذا أطلق قمر صناعى فى اتجاه يوازى سطح الأرض تماماً، وأعطى السرعة الكافية تماماً، فإنه لاشك

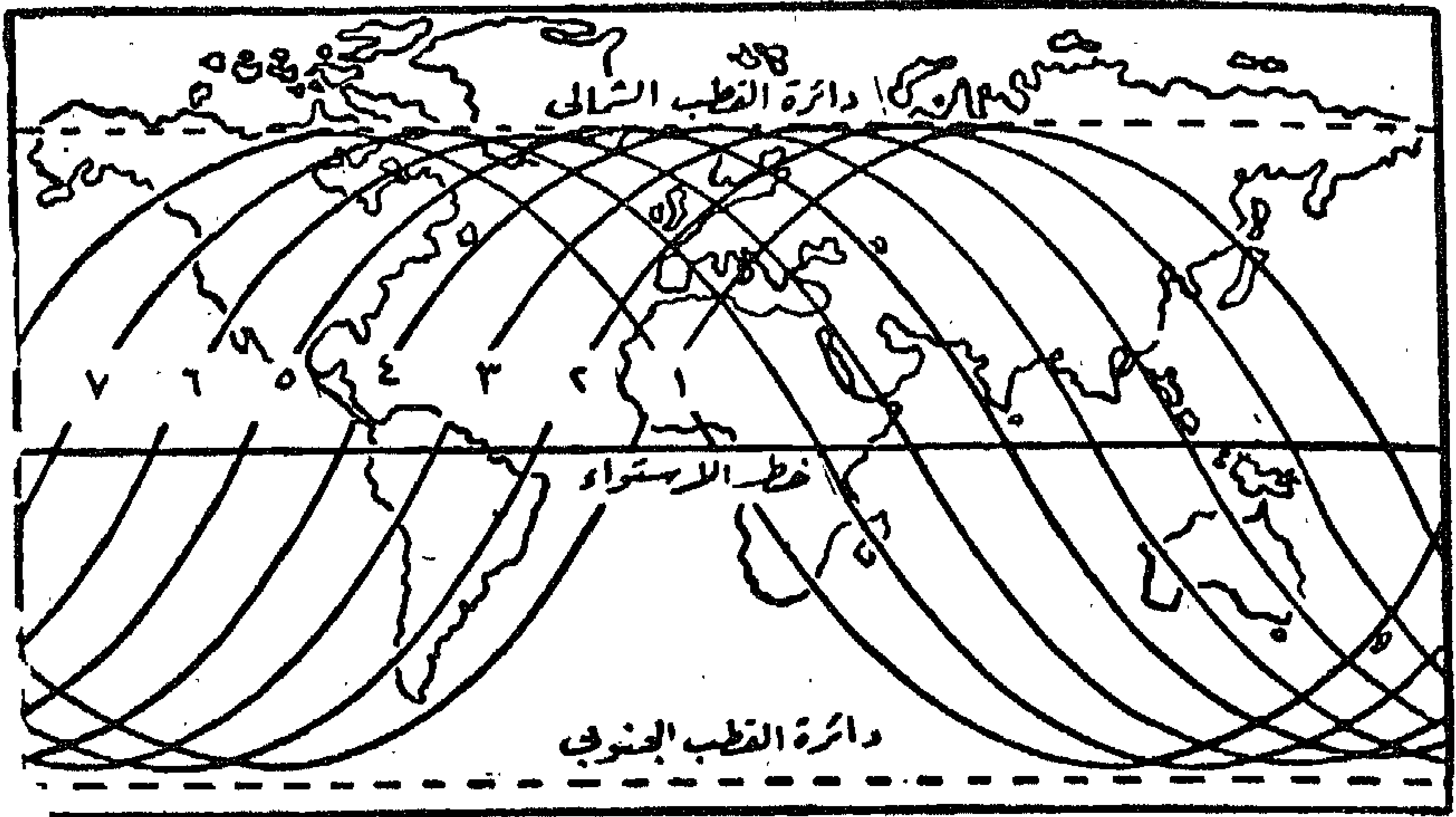
يسبح فى مسار دائرى، وينجم عن الخطأ فى اتجاه الإطلاق أو مدار السرعة تغير فى شكل المسار من الشكل الدائرى إلى القطع الناقص. ويختلف القطع الناقص عن الدائرة بأن الأول له مايسمى بالبؤرتين بدلاً من مركز الدائرة. والمعروف كذلك أن مسارات الأرض وسائر الكواكب السيارات هى قطاعات ناقصة تحتل الشمس موضع إحدى بؤراتها.

ولقد اتضح أن سبوتنك (١) كان لايعلو فوق سطح الأرض إلا بمسافة قدرها ٢٤٠ كيلومتراً كلما مر بأدنى نقط المسار، أما فى أعلى نقط المسار فإن ارتفاعه كان يبلغ ٨٨٠ كيلومتراً. وأذاعت جريدة برافدا الروسية أن سبوتنك (١) تم إطلاقه باستخدام صاروخ من ثلاث مراحل. وقد بلغ قطر القمر الصناعى ٥٨ سنتيمتراً، أما وزنه فقد بلغ ٨٣,٦ كيلوجراماً. وأدهشت هذه الأرقام العلماء وأثارت مشاعرهم، إذ دلت على أن الصاروخ الذى استخدم فى إطلاق القمر إنما كان من الأنواع الكبيرة الضخمة حقًا.

وسرعان ما ظهر أن المرحلة الثالثة ومقدمة الصاروخ الذى استعمل فى إطلاق القمر كانا يسبحان معه حول الأرض بسرعة بلغت ٢٨,٨ ألف كيلومتر فى الساعة الواحدة، فكانت المجموعة تتم دورة كاملة حول الأرض فى مدة مداها ٩٦ دقيقة. ونظراً لدوران الأرض حول محورها كان القمر الصناعى يمر على بقاع مختلفة من سطح الأرض كلما أتم دورة حولها. ويبين الشكل المرسوم خطوط سير القمر المتتابعة.

وهناك كمية كافية من الهواء يمكن أن تقاوم حركة القمر على ارتفاع ٢٤٠ كيلومتراً، مما سبب انحراف مساره، ولذلك بدأ هذا الأخير يهبط فى حركة لولبية مقترباً رويداً رويدا من سطح الأرض. وبطبيعة الحال تعرضت المرحلة الثالثة، كما تعرض مخروط مقدمة الصاروخ لنفس الظاهرة. عندما اقتربت المجموعة من الأرض، ودخلت فى طبقات سميكة من الغلاف الهوائى احترقت بتأثير الحرارة المتولدة بالاحتكاك، تماماً كما تحترق الشهب. والمعتقد على أية حال أن حطام أو بقايا المرحلة الثالثة سقطت إلى السطح خلال فترة وجيزة مضت بعد أول ديسمبر عام ١٩٥٧.

وأطلق سبوتنك الثانى فى ٣ نوفمبر عام ١٩٥٧، وكان يزن نصف الطن، ولم يكن قمراً كرويًا وإنما كان فى الحقيقة عبارة عن المرحلة الثالثة من مراحل



نظراً لدوران الأرض حول محورها، يختلف مسار القمر سبوتنك بالنسبة لسطحها فى كل مرة يتم دورة كاملة من حولها.

الصاروخ الذى استخدم. وحملت هذه المرحلة داخلها جهاز اللاسلكى وسائر المعدات التى استعملت فى قياس درجات الحرارة، وكثافة الهواء، وإشعاعات الشمس فوق البنفسجية، وكذلك الأشعة الكونية. وأعجب من هذا كله أن تلك المرحلة حملت معها أيضاً راكباً حيًّا، هو كلب من كلاب الإسكيمو الصغيرة، من نوع يقال له (لايكا).

وصعد الكلب داخل حجرة محكمة الإغلاق مكيفة الهواء، بها ما يلزم من الطعام. وكانت أجهزتها تسجل عملية تنفس الكلب ووجيب «ضربات» قلبه، وكذلك ضغط دمه، ثم ترسل هذه التسجيلات إلى جهاز إذاعة القمر ليرسلها بدوره إلى محطات الأرض.

ولم ترق لكثير من الناس ولم تعجبهم فكرة إرسال كلب حى يسبح حول الأرض فى زمهرير الفضاء الخارجى حتى يلاقى أجله المحتوم، إلا أن أغلب البشر كانوا على بينة من الحاجة الماسة إلى جمع تلك المعلومات التى لا غنى عنها فى دراسات أسفار الفضاء، والتى لا سبيل إلى الحصول عليها إلا بإجراء مثل هذه الاختبارات. وقد مات الكلب فعلاً بعد بضعة أسابيع، مقدماً أجل الخدمات للإنسانية وبحوث طب الفراغ.

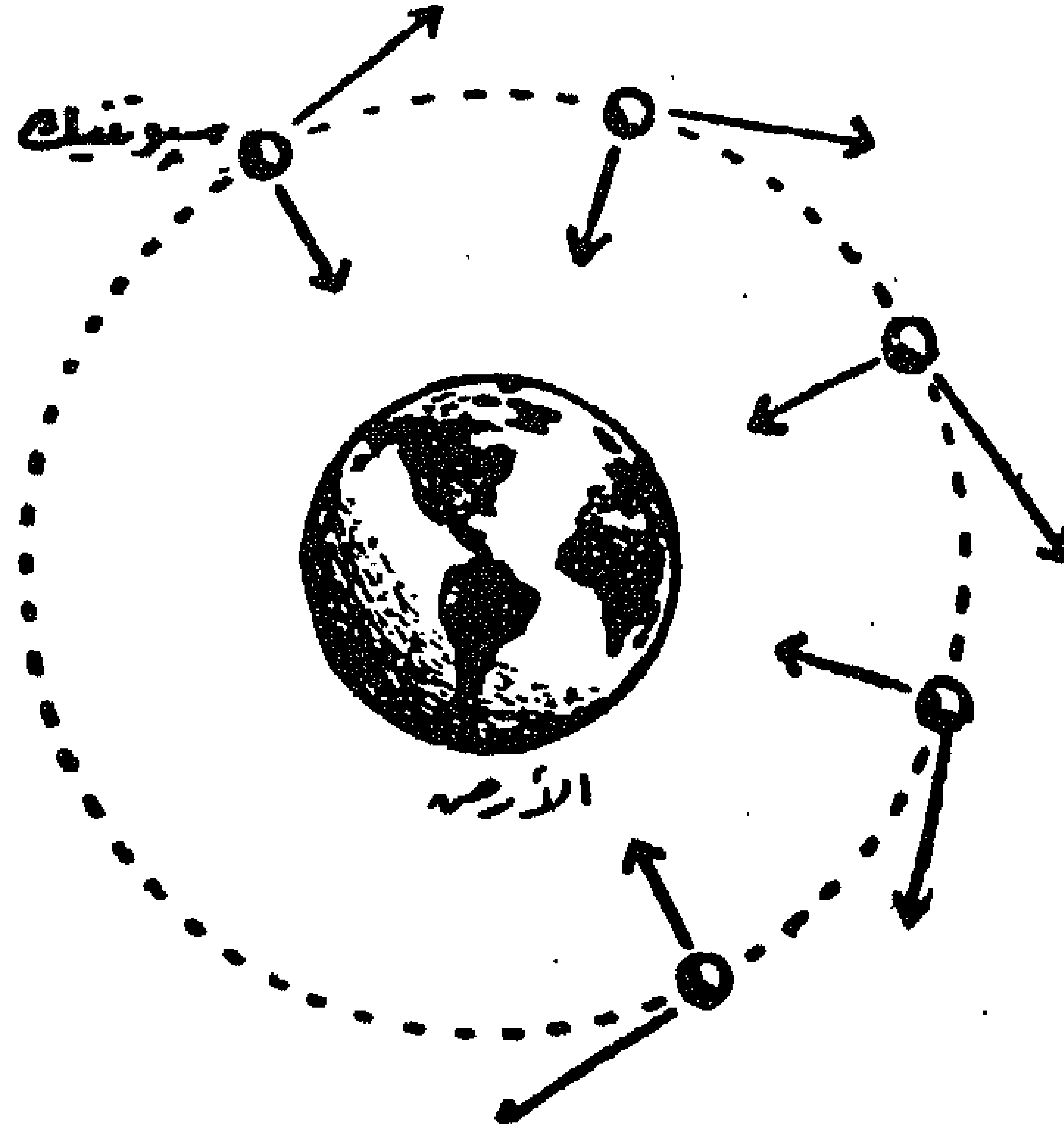
وكان مسار سپوتنك الثانى قطعاً ناقصاً، ارتفعت أدنى نقطة عن سطح الأرض بمقدار ١٦٠ كيلومتراً فقط؛ أما أعلى نقط المسار فكانت على ارتفاع ١٦٨٠ كيلومتر من السطح. وكان هذا القمر يستغرق ١٠٣,٧ من الدقائق ليتم دورة كاملة حول الأرض.

ومهما يكن من شىء فإن أغلب الأسئلة التى أثارها الناس حول الأقمار الروسية دلت على أنه لم يكن لدى الكثيرين منهم فكرة واضحة عن الأقمار الصناعية، فقد كان السؤال التقليدى: «ما الذى يحمل سپوتنك على البقاء فى السماء»؟ وتتلخص الإجابة عن هذا السؤال، فى أبسط صورها، فى أن سپوتنك يظل يسبح فى السماء لأنه لا يوجد هناك مايحول دون ذلك. وهناك فكرة خاطئة فحواها أن سپوتنك إنما يسبح لأنه يظل خارج نطاق جذب الأرض إلا أنها فكرة أبعد ما تكون عن الحقيقة، فمجال جذب الأرض هو الذى يعمل على بقاء القمر الصناعى فى مساره، تماماً كما يعمل على بقاء القمر الطبيعى فى فلكه سواء بسواء. ولكى تفهم ذلك يلزم أن نستعرض قوانين نيوتن الثلاثة للحركة؛ ولعلك على أية حال مازلت تذكر القانون الثالث الذى فسر لنا سر انطلاق الصواريخ، والذى ينص على أن: لكل فعل رد فعل مساويًا له فى المقدار ومضاداً له فى الاتجاه.

ويقول قانون نيوتن الأول للحركة: إن كل جسم ساكن أو متحرك يظل ساكناً أو متحركاً بسرعة منتظمة وفى خط مستقيم مالم تؤثر عليه قوة خارجية، وفى معنى آخر أن الجسم إذا ما تحرك يظل يتحرك إلى الأبد مالم تعترض سبيل حركته قوة خارجية. أما قانون نيوتن الثانى فيقول: إن أى تغير فى سرعة أو اتجاه جسم متحرك إنما يتناسب مع القوة التى تؤثر فى الجسم، وكذلك مع طول الفترة التى تعمل فيها هذه القوة.

ونحن فى ظل هذين القانونين نستطيع أن نفسر كيف أن قوى جذب الأرض، أو قبضتها إلى أسفل، تحفظ كلًا من سپوتنك والقمر الطبيعى فى مداره؛ فلو أن قوى الجذب هذه انعدمت لانطلق سپوتنك مارقاً إلى أعماق الفضاء فى خط مستقيم، وكذلك لو أن سپوتنك كان ساكناً لا يتحرك لعملت قوى جذب الأرض على إسقاطه فى الحال. أما الذى يبقى على القمر سابحاً فى مداره فهو الجمع بين الاثنين: ففى الوقت نفسه الذى ينطلق فيه سپوتنك مسرعًا إلى أعماق الفضاء نجد أن الأرض تعمل على تساقطه مسرعاً إليها أيضاً؛ وتتعادل القوة الناجمة عن

انطلاق القمر أو سبحه بمعدل ٢٨,٨ ألف كيلومتر فى الساعة مع قوى جذب الأرض ؛ وهكذا يظل القمر يسبح فى الفضاء تحت توازن القوتين، كما هو موضح فى الشكل المرسوم.



وهكذا نرى أيضاً أنه من الصواب تماماً أن نقول: إن القمر الصناعى يتساقط بصورة مستمرة إلى الأرض. وينطبق هذا القول أيضاً على القمر الطبيعى، فهو برغم تساقطه إلى الأرض منذ عدة بلايين سنة مضت لم يصل إليها بعد!

ولو أن أقمار سبوتنك كانت تسبح على أبعاد كبيرة من سطح الأرض لأتيحت لها فرصة البقاء إلى الأبد، إلا أن طاقات حركاتها تناقصت كلما دنت واقتربت من سطح الأرض فى نقط مساراتها الدنيا، وذلك بعمليات الاحتكاك مع طبقات الجو السميكة نسبيًّا. وكلما تناقصت طاقات الحركة عملت قوى الجاذبية الأرضية على إسقاطها، حتى انتهى بها الأمر إلى الدخول فى طبقات الجو السميكة واحتراقها فيها.

٩ - الاستعدادات لزيارة القمر

كان الهدف الأول فى برنامج غزو الفضاء هو الهبوط على سطح القمر. ولقد اختير القمر ليكون الهدف الأول لأنه أقرب الأجرام السماوية إلى الأرض، فهو يبعد عنها بنحو ٤٠٠٠٠٠ كيلومتر فقط. ولقد استغرق الاستعداد لبلوغ هذا الهدف ما يزيد قليلاً على أحد عشر عاماً ونصف العام منذ إطلاق القمر الروسى سبوتنك الأول فى ٤ أكتوبر ١٩٥٧ حتى هبوط رائدى الفضاء الأمريكيين للمرة الأولى على سطح القمر فى ٢٠ يوليو ١٩٦٩.

لقد كان سباقاً مريراً بين الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتى، كل منهما يريد إحراز السبق فى الوصول إلى القمر. وأطلق فى هذا السباق العديد من مركبات الفضاء، زاد عدد ما حملت البشر منها على العشرين. وكان لكل مركبة مهمة خاصة للإتيان بمعلومات تعين على إحكام خط سير الرحلة وتأمين سلامة زائرى القمر فى الذهاب والعودة.

وكان من المعلومات الأولى المفيدة اكتشاف حزام الإشعاع المحيط بالكرة الأرضية الذى نبه إلى وجوب تدريع مركبة الفضاء بدروع تقى راكبيها ضرر هذا الإشعاع. كما استطاع العلماء تقدير تأثير الشهب فى مركبة الفضاء ووقاية المركبة وملاحى الفضاء من هذه الشهب.

وكان القصد من الرحلات البشرية، التحقق من تأثير الفضاء فى صحة ملاحى الفضاء وردود أفعالهم ومقدرتهم على أداء مختلف المهام وهم فى حالة انعدام الوزن، وحل بعض المشاكل المتعلقة بسفر الفضاء وكان أهمها العودة والدخول فى جو الأرض.

ولقد بدأت رحلات الفضاء براكب واحد فقط فى كل رحلة، فكان أول ملاح فى الفضاء هو الروسى يورى جاجارين الذى بقى فى الفضاء ساعة ونحو خمسين دقيقة فى ١٢ من أبريل ١٩٦١، أما أول ملاح فضاء أمريكى فقد كان شبرد الذى بقى فى الفضاء ١٥ دقيقة فى ٥ من مايو ١٩٦١. وبعد ما يقرب من اثنتى عشرة رحلة فردية أمريكية وسوفيتية خلال ما بين ثلاثة وأربعة أعوام ، زاد عدد ملاحى

الفضاء فى المركبة الواحدة إلى اثنين أو ثلاثة وكانت من مهام الملاحين أو ثلاثة الملاحين، القيام بأعمال تتصل اتصالاً مباشراً بالهبوط على القمر والعودة منه. فقاموا بأعمال كثيرة منها الخروج بالمركبة من مسارها والعودة إليه والالتقاء بكبسولات فى الفضاء فى موقع محدد، وتأمين التحام مركبتين فى الفضاء، والسباحة فى الفضاء بخروج أحد الملاحين خارج مركبة الفضاء مع ارتباطه بالمركبة بحبل سرى لتزويده بالأكسيجين وللاتصال التليفونى بينه وبين زميله فى المركبة.

وبعد التأكد من إمكان التحكم فى كل ما يتصل بالملاحة فى الفضاء بدأت مرحلة استكشاف القمر ذاته وتحديد موقع هبوط الزائرين على سطحه. وبدأ هذا الاستكشاف بإرسال آلات تصوير تليفزيونية فى مركبات فضاء قمرية كانت مهمتها التقاط صور القمر عندما تصل إلى ارتفاع معين منه، على أن تستمر فى إرسال هذه الصور إلى أن ترتطم بسطح القمر. ونجحت بعض هذه الرحلات فى إرسال آلاف الصور الواضحة لسطح القمر التقط بعضها على مسافة لم تزد على ١٢٠٠ متر منه.

ثم تلا ذلك إرسال مركبات خالية من البشر لتحط على سطح القمر وتلتقط صوراً للمنطقة التى تحط عليها. ولقد أرسلت هذه المركبات آلاف الصور التى التقطت على أبعاد تراوحت بين ٣٠ و٦٠ سنتيمتراً من سطح القمر، فبانت تفاصيل التربة واضحة. ولقد زودت إحدى المركبات بمخلب معدنى حفر حفرة صغيرة فى سطح القمر فى حين كانت آلة التصوير التليفزيونية تلتقط صوراً للأتربة التى نتجت من الحفر، وبذلك تمكن العلماء من حساب مدى تماسك القشرة القمرية. وبعد الحصول على هذه الصور وتحليل بياناتها أرسلت مركبات فضاء لتدور فى مدارات حول القمر وتلتقط صوراً لجميع أنحائه وترسلها إلى الأرض. وبالاستعانة بهذه الصورة بالإضافة إلى المعلومات السابقة أمكن للعلماء أن يقرروا موقع هبوط الإنسان على القمر.

وبدأت المرحلة النهائية للاستعدادات بإرسال ثلاثة ملاحين فى مركبة فضاء ليتحققوا بأنفسهم من سطح القمر فى أثناء دوران المركبة فى مدار لم يزد بعده على ١١٠ كيلومتر من سطح القمر. وأعقب ذلك رحلتان أخريان، جرب فيها الملاحون فصل المركبة القمرية من المركبة الرئيسية ثم التحامها مرة ثانية وتحققوا من صلاحية المعدات وجهاز التزويد بالأكسيجين وبدلة الفضاء التى

سيستخدمها الملاحون الذين يهبطون على سطح القمر، كما التقطت صور تليفزيونية ملونة للموقع المختار للهبوط فى (بحر السكون) وأجريت اختبارات مستفيضة لتأثير جاذبية القمر فى دقة المسار.

وفى صباح ١٧ يوليو ١٩٦٩ انطلقت مركبة فضاء تحمل أول أدميينْ قدر لهما أن يهبطا على سطح القمر ومعهم زميل ثالث بقى فى انتظارهما بالمركبة الرئيسية بعد انفصال المركبة القمرية لحين عودتهما. وكان هؤلاء الملاحون هم نيل أرمسترونج وإدوين ألدرين ومايكل كولنز الأمريكيين.

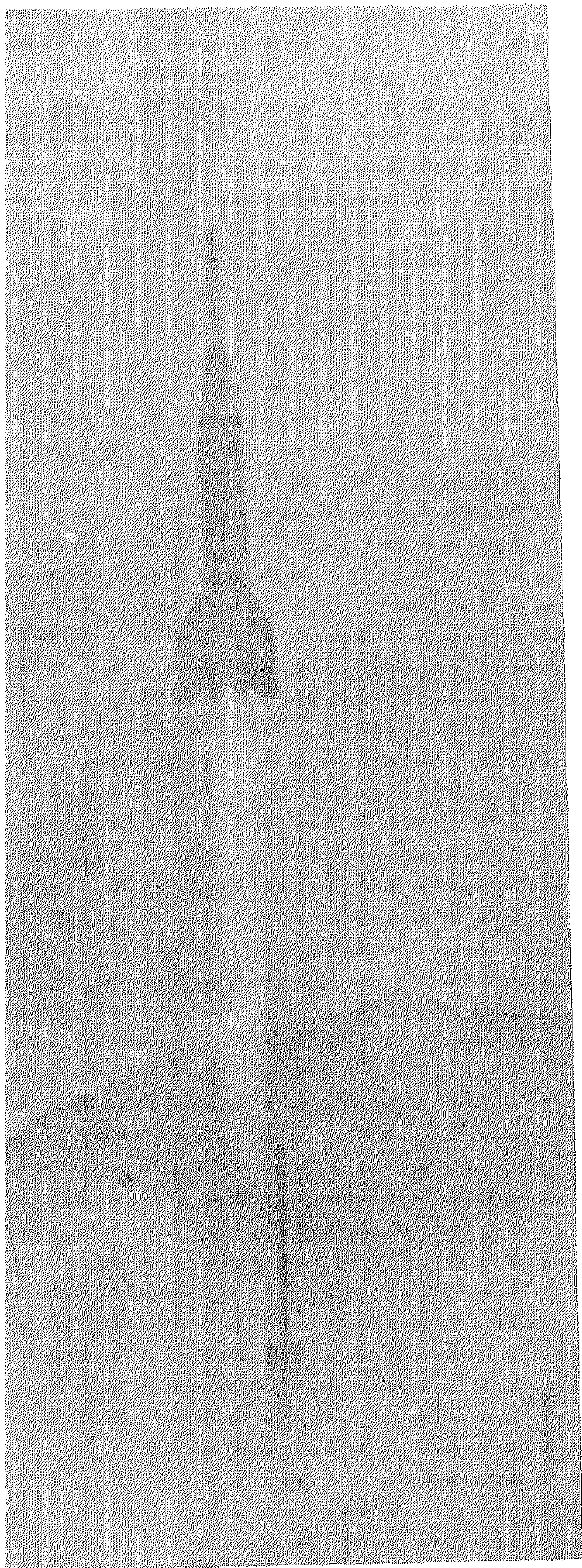
وفى مساء ٢٠ يوليو ١٩٦٩، هبط نيل أرمسترونج وإدوين ألدرين فى المركبة القمرية بعد أن فصلاها عن المركبة الرئيسية، على سطح القمر، تاركين مايكل كولنز يدور فى المركبة الرئيسية فى مدار حول القمر منتظراً عودتهما.

وظل الملاحان ست ساعات ونصف الساعة داخل المركبة القمرية قبل أن يخرج منها نيل أرمسترونج وتطأ قدماه سطح القمر، وتبعه إدوين ألدرين بعد ١٩ دقيقة. ولقد شاهد الملايين من سكان الأرض هذا الإنجاز الرائع على شاشات التليفزيون فى حينه.

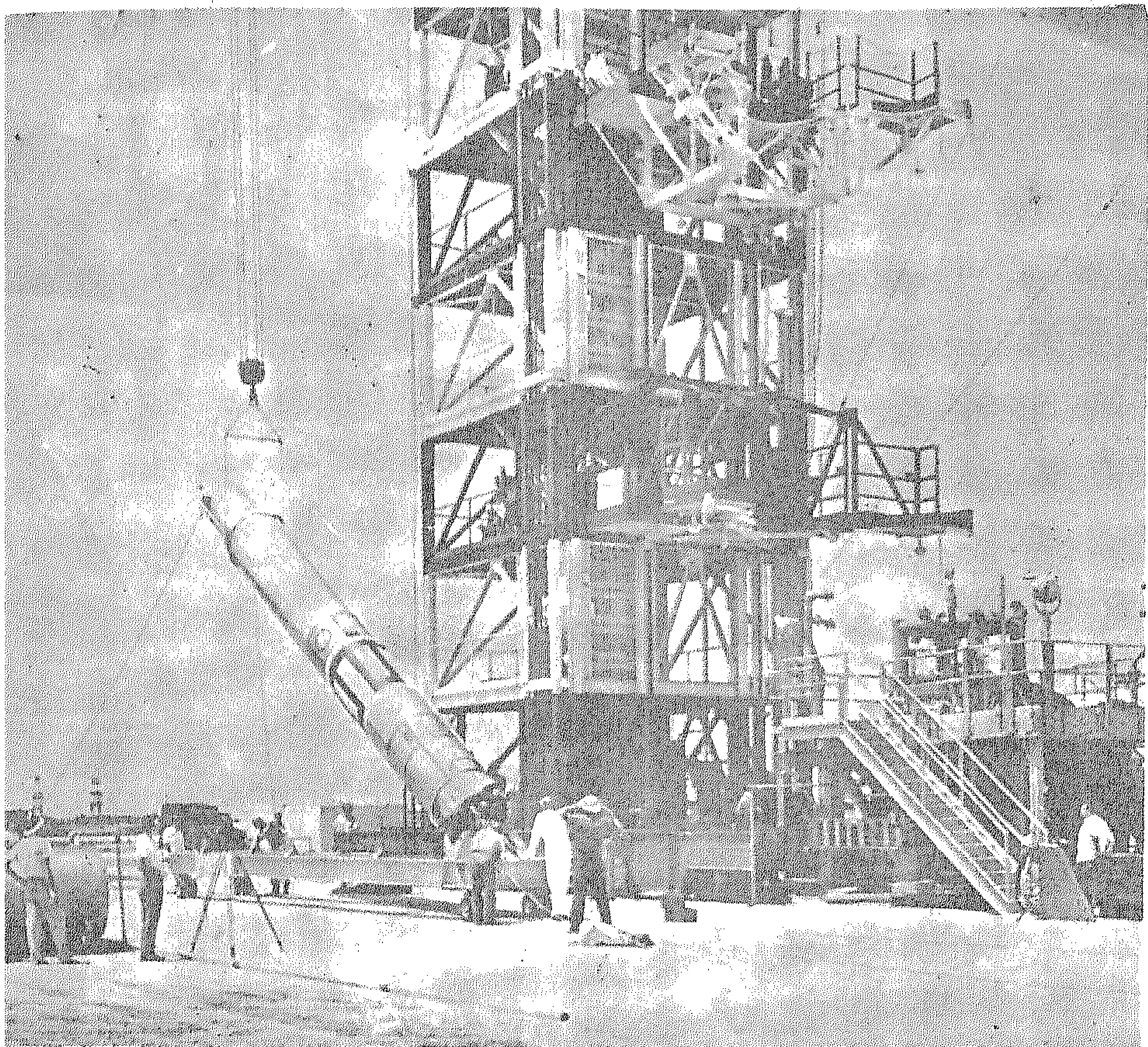
وقبل عودتهما جمعا عينات من التربة والصخور مستخدمينْ أدوات خاصة، لتحليلها فى المعامل الأرضية. وأقاما محطة صغيرة للزلازل للكشف عن أية هزات قمرية.

ولم تكن هذه الرحلة هى الوحيدة التى قام بها أمريكيون إلى القمر،فقد تبعها ما لا يقل عن خمس رحلات، هبط فى كل رحلة منها رجلان على مواقع مختلفة من سطح القمر. وذلك للإتيان بمزيد من المعلومات عما يمكن أن تكون عليه الحياة إذا استوطن الإنسان القمر وإمكان إقامة قاعدة قمرية ينطلق منها الإنسان إلى ماهو أبعد من كواكب أخرى داخل المجموعة الشمسية وربما خارجها.

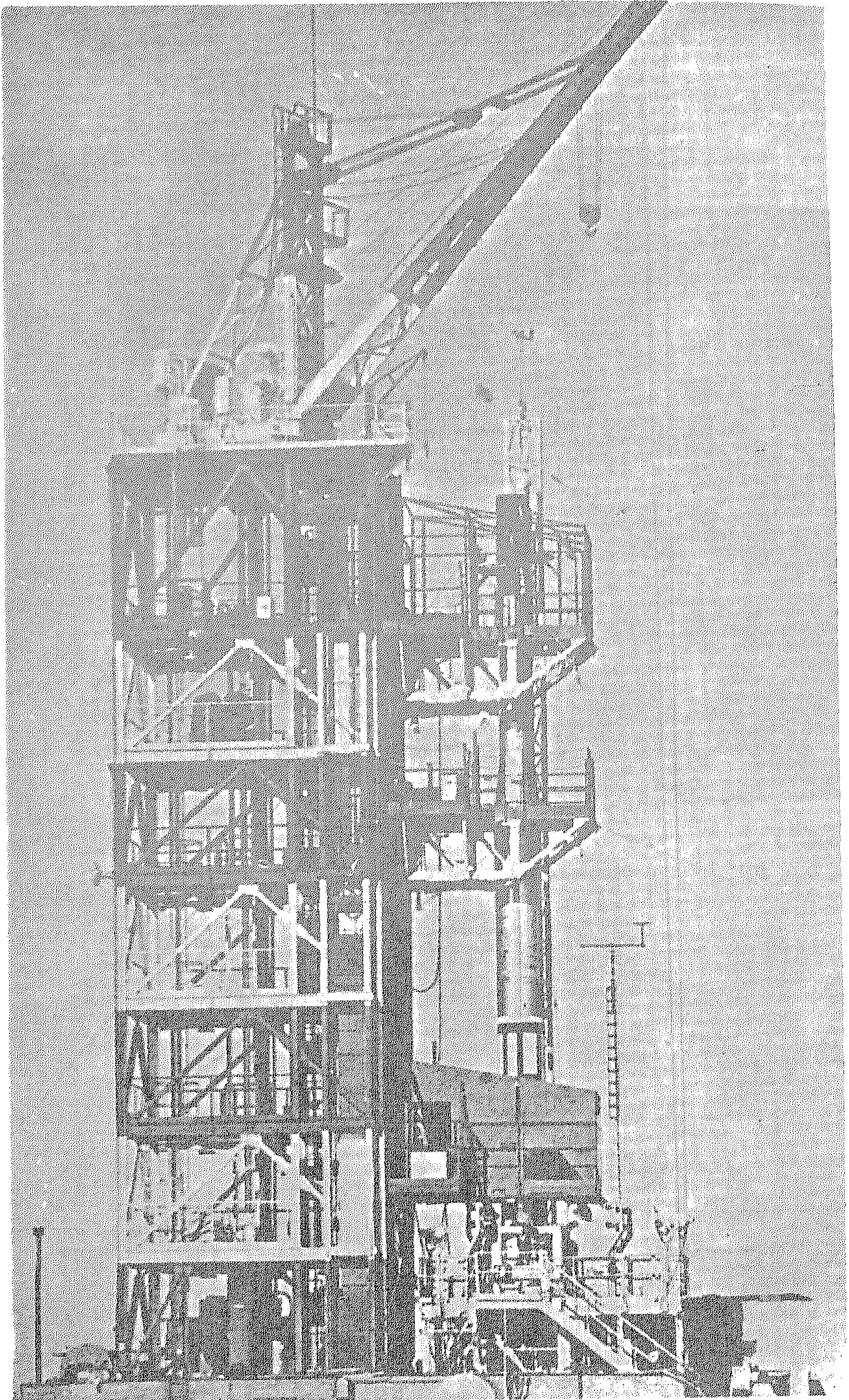
منذ عام ١٩٤٦ استخدمت بالونات من البلاستيك كبيرة جدًا لجمع المعلومات الخاصة بجو الأرض



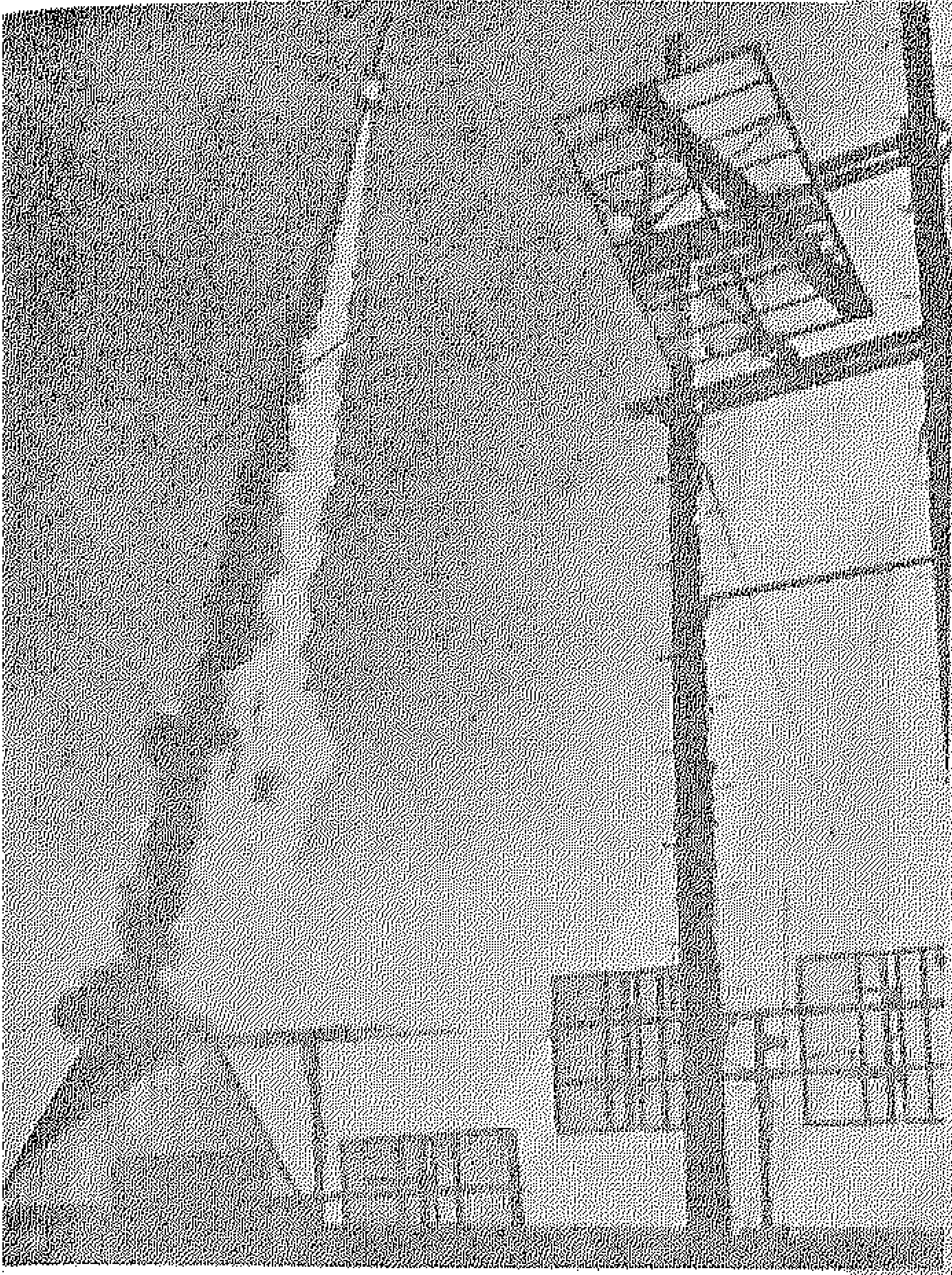
فى عام ١٩٤٩ وصل الصاروخ واك كوربورال إلى ارتفاع ٢٥٠ ميلا



تبدأ رافعة ضخمة (ونش) فى رفع صاروخ الڤانجارد إلى قاعدة الإطلاق

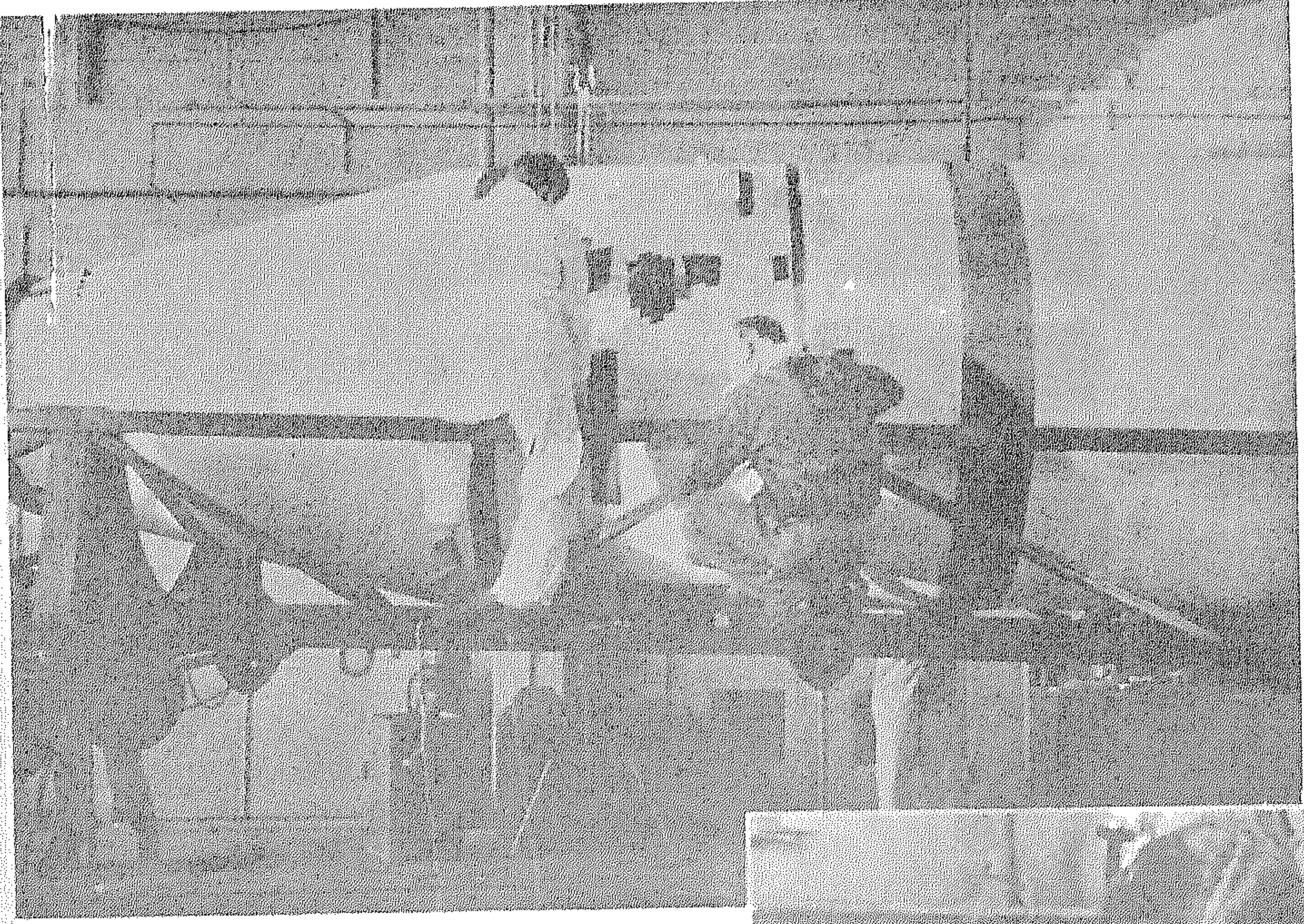


يقف الصاروخ منتصباً على قاعدة الإطلاق بينما يهتز خطاف الرافعة فى الهواء.
ويستطيع المختصون عمل الاختبارات اللازمة لآخر دقيقة على كبارى تتصل بالونش

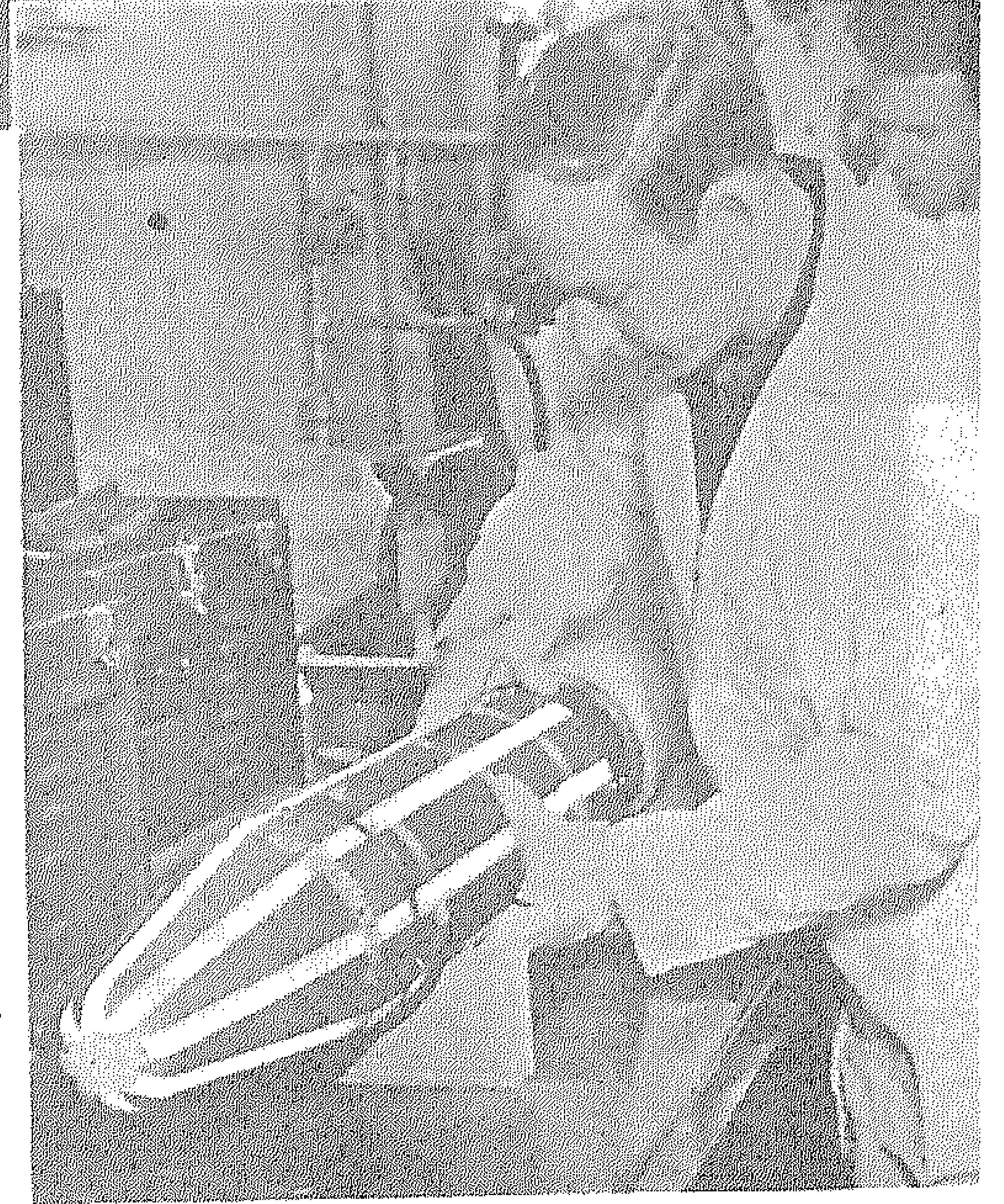


أطلق صاروخ الأيروبى فى كندا
لجمع أرصاد جوية على ارتفاع ٦٠ ميلا

فى أقل من دقيقة من لحظة الإطلاق وصلت
نهاية سرعة صاروخ الأيروبى – ٢٣ قدمًا –
إلى ٤٤٣٥ ميلا فى الساعة الواحدة



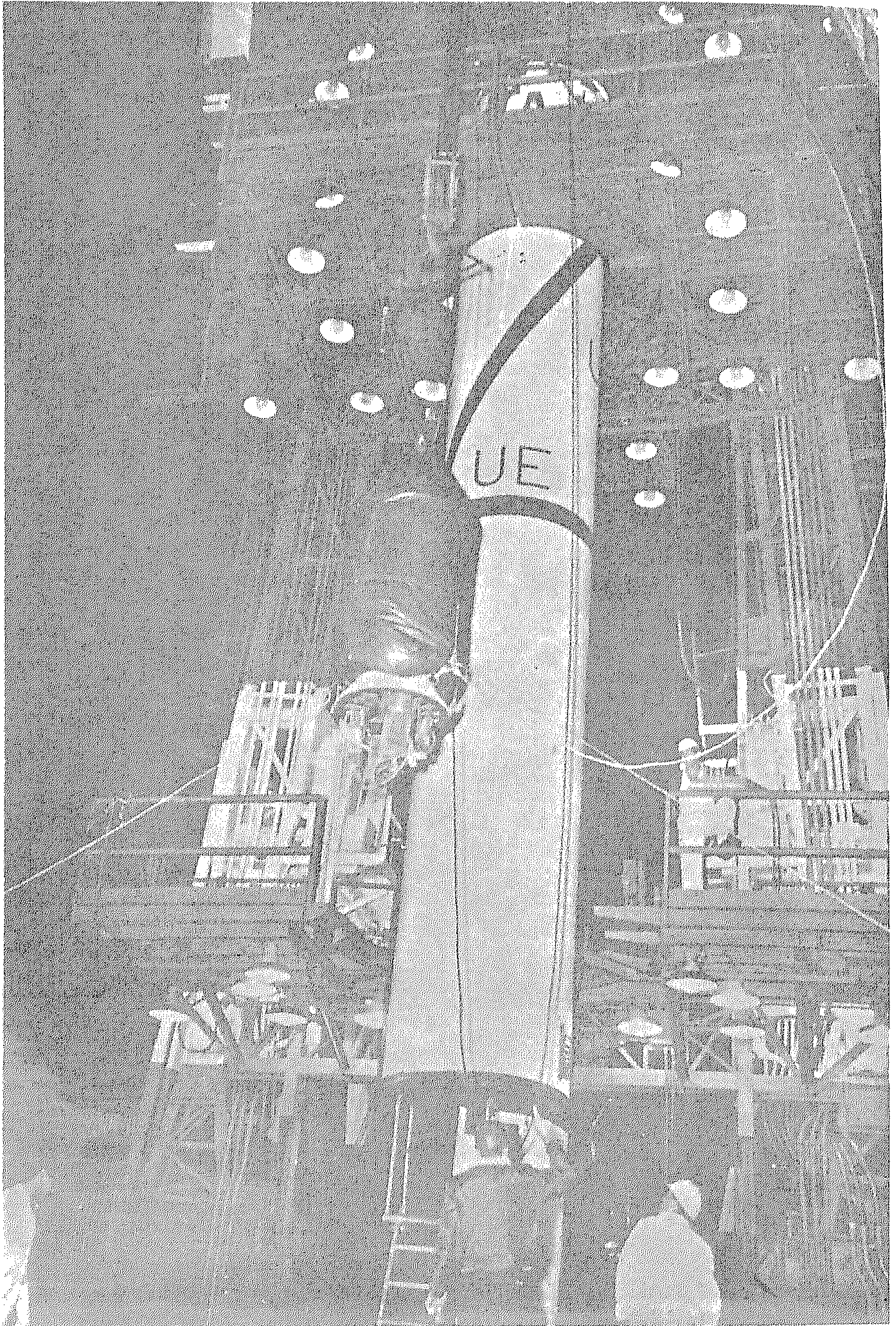
إعداد الصاروخ ك - چوبيتر لإرساله
إلى قاعدة الإطلاق



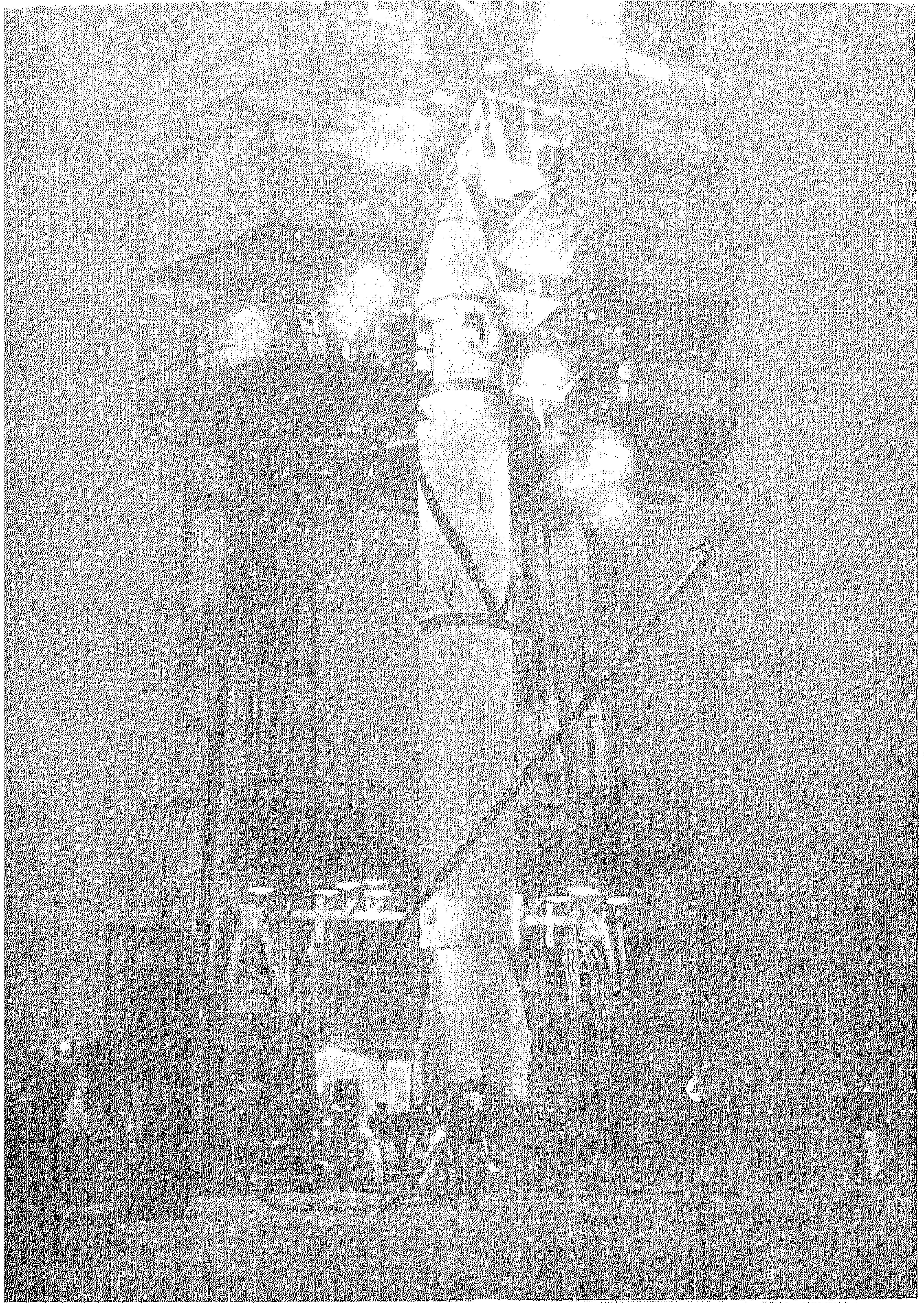
يختبر القمر الصناعى المستكشف رقم (١)
وكذلك الصاروخ الذى يدفعه فى الفضاء
قبل تثبيتهما فى الصاروخ چوبيتر - سى



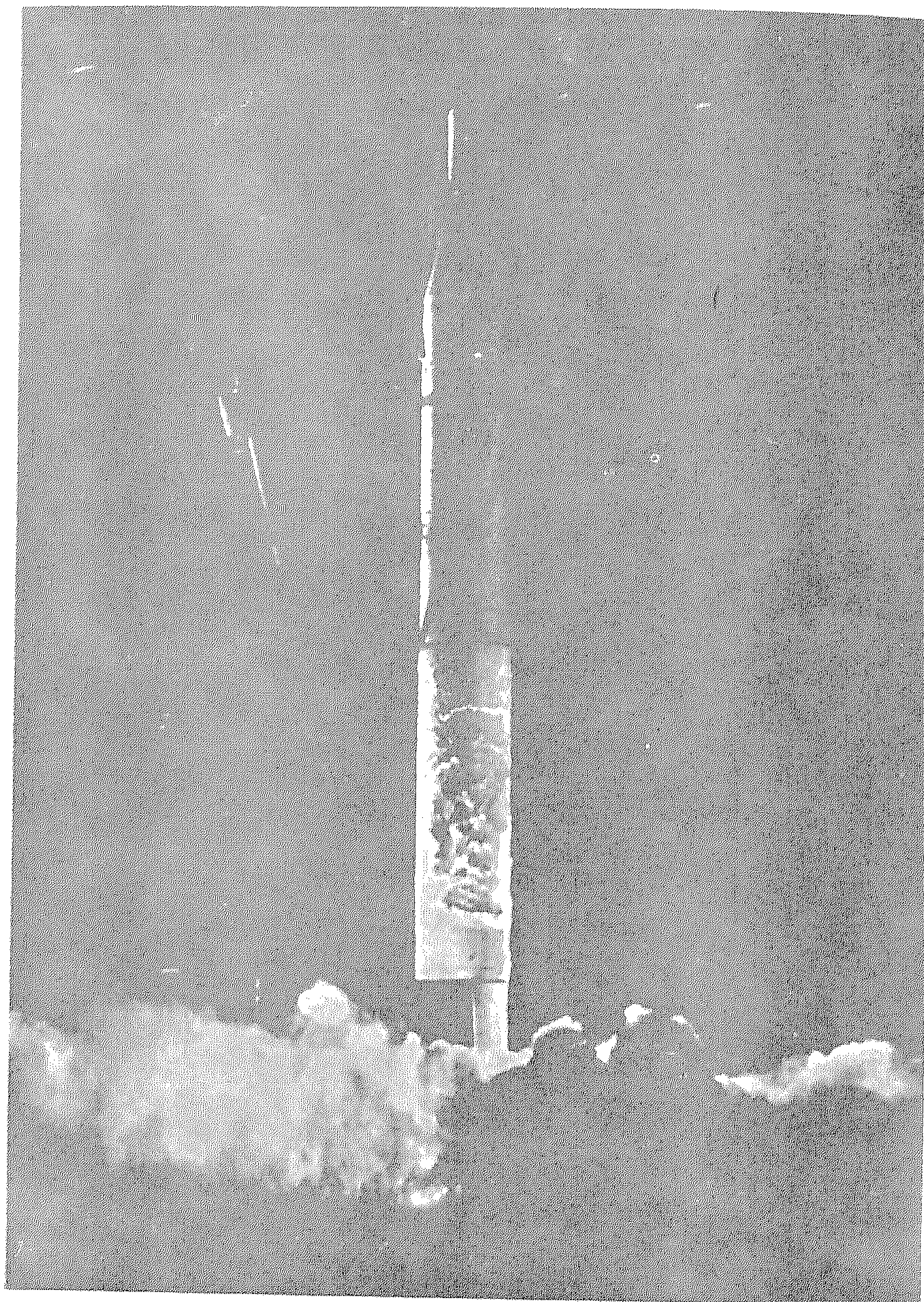
يلبس العمال الحلل الواقية فى أثناء تموين الصاروخ جوبيتر - سى بالوقود



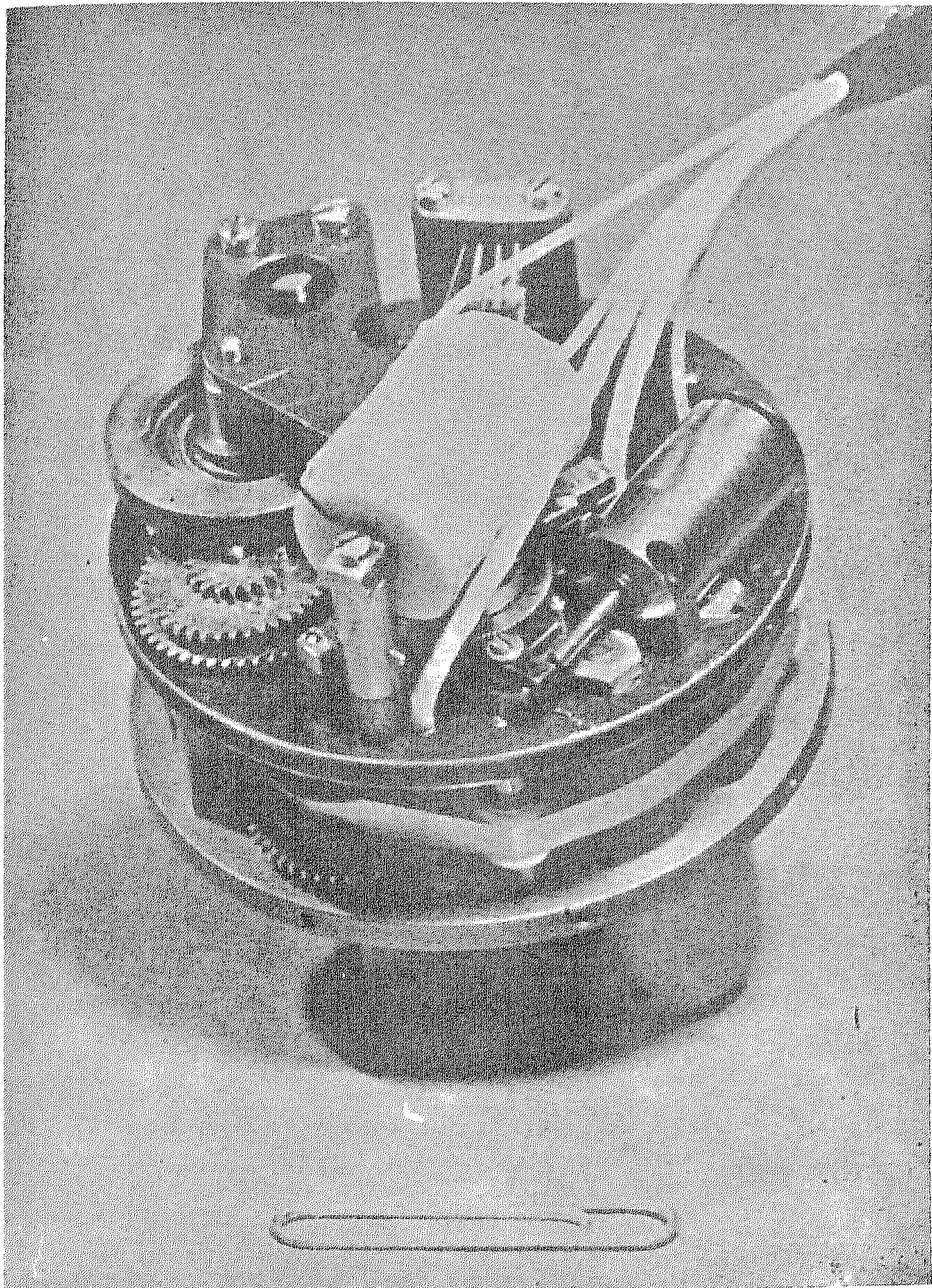
تثبت مركبة القمر چوپيتر - سى ذات السرعة الفائقة فى قمة المرحلة الأساسية قبل الإطلاق



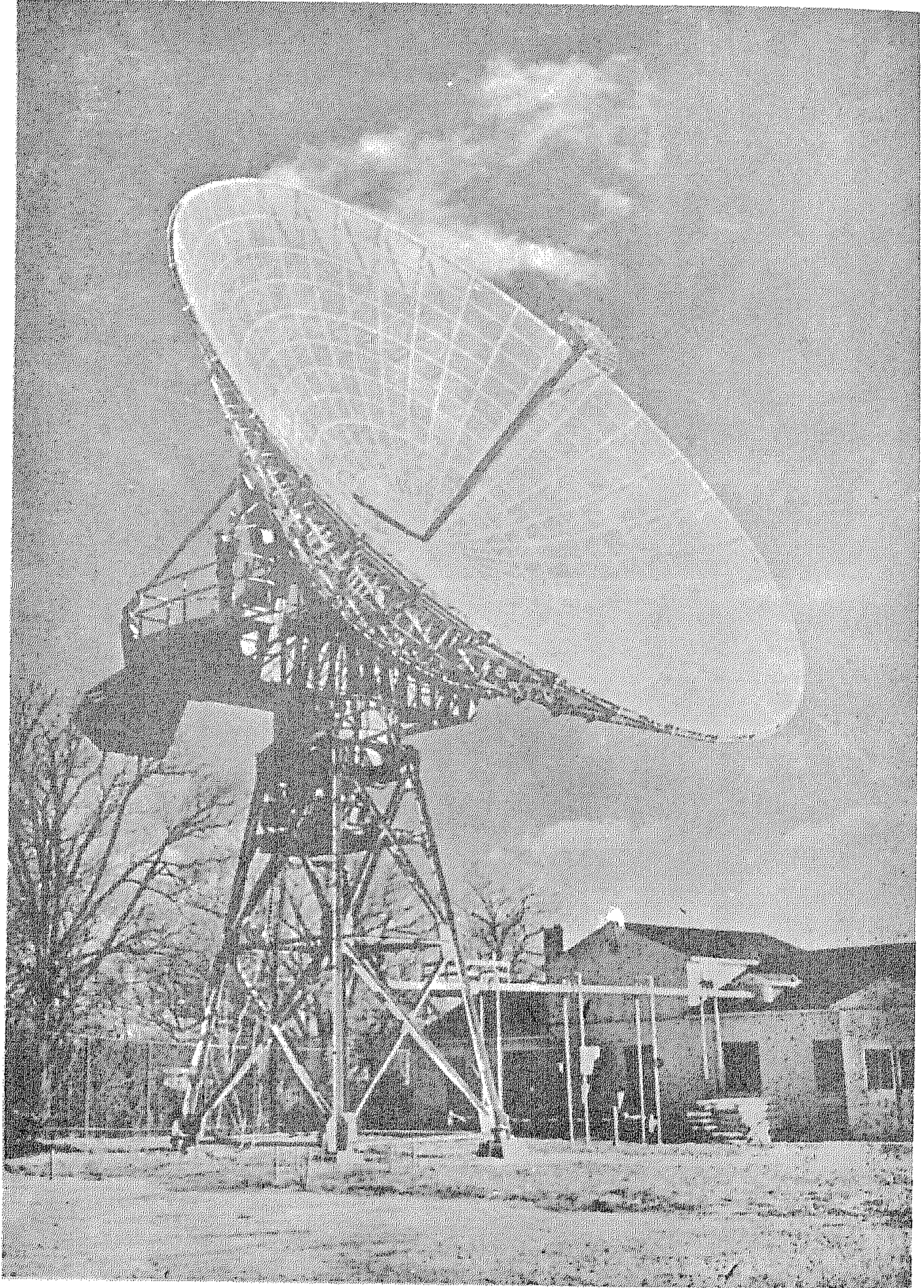
الصاروخ چوپيتر - سى على قاعدة الإطلاق



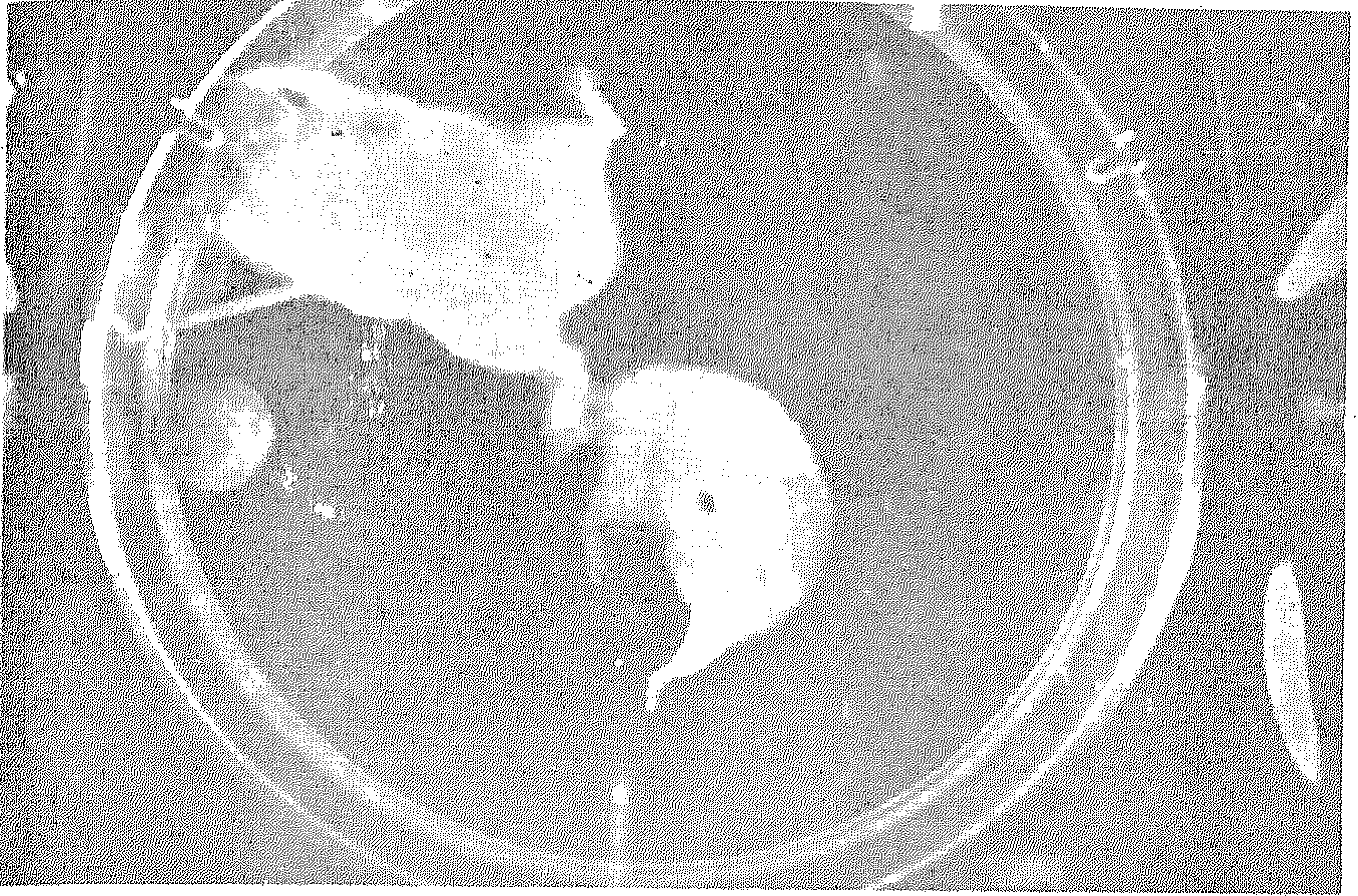
تم إطلاق الصاروخ جوبيتر – سى فى ٣١ يناير عام ١٩٥٨.
وبعد مضى ست دقائق و٤٨ ثانية من لحظة الإطلاق كان أول قمر صناعى أمريكى يسبح فى مساره

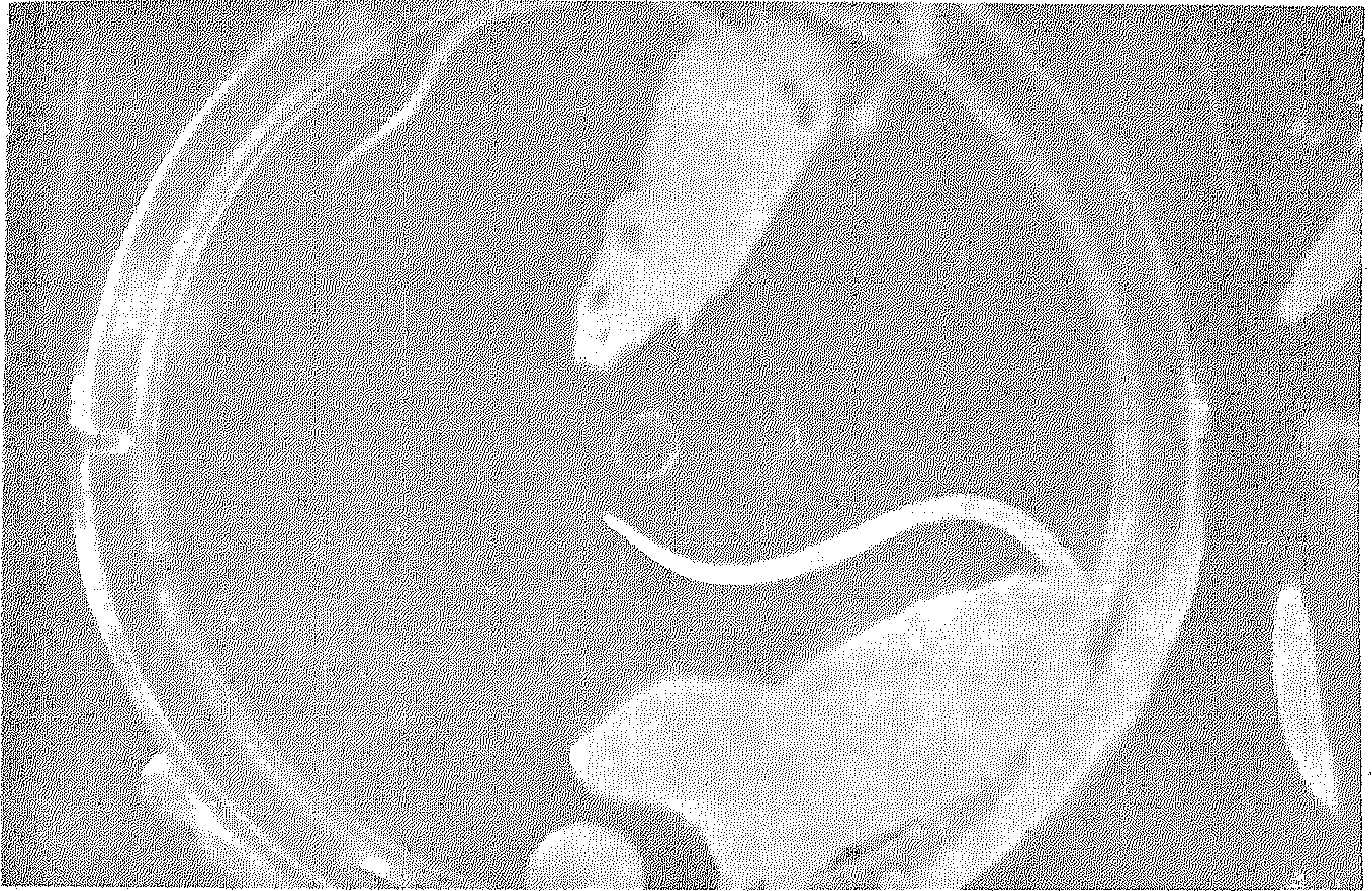


أستخدمت فى القمر الصناعى الذى أطلقه الجيش – المستكشف (٣) –
حوافظ مغناطيسية عملها تسجيل وإذاعة المعلومات العلمية

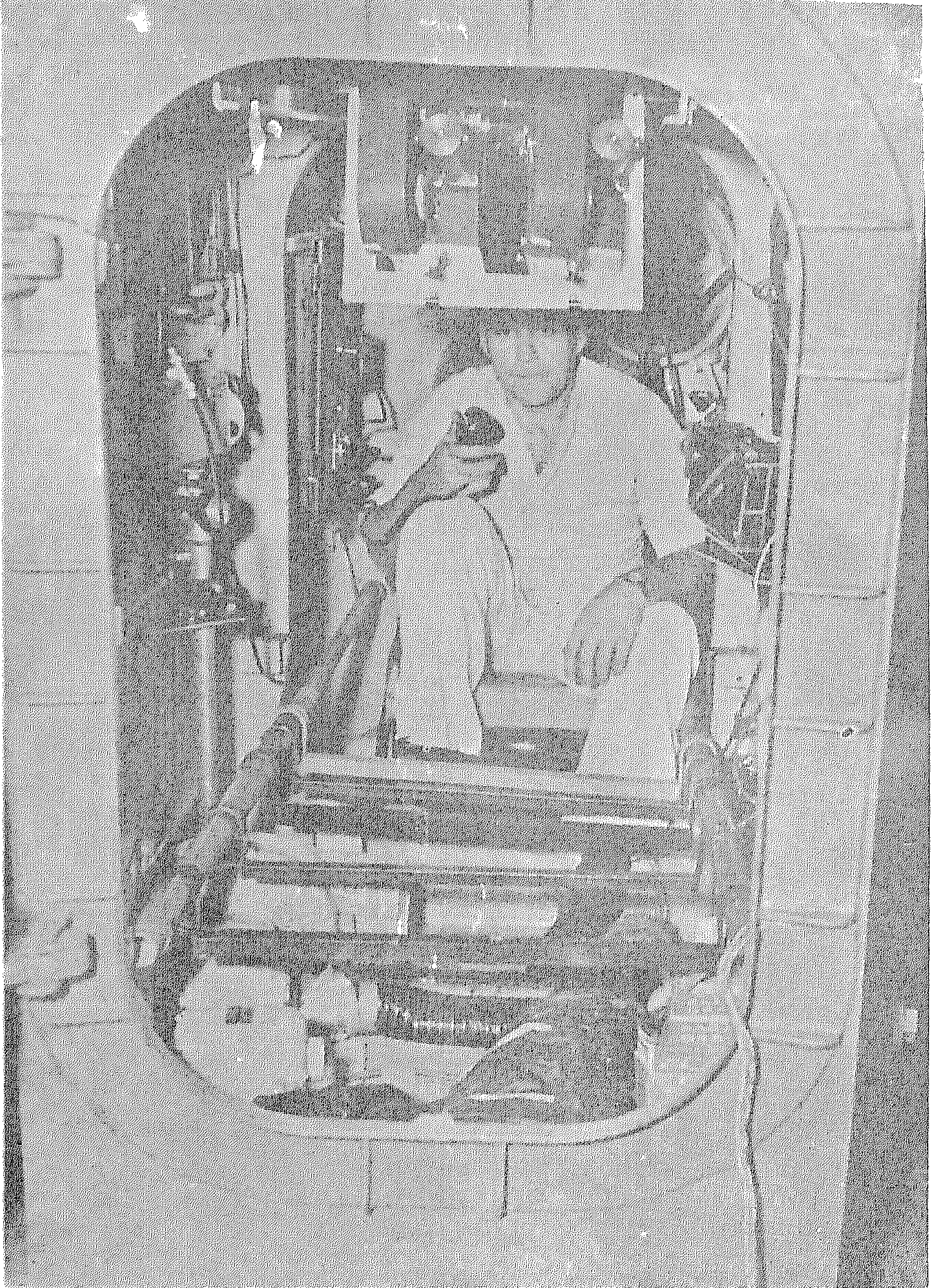


استخدم «مبعد» جهاز الرادار الجبار – ٥٠ قدماً – بقورت مونماوث فى نيوجيرسى
من أجل تتبع حركة القمر الصناعى الذى أطلقه الجيش





صورة أخذت لبعض الفيران داخل أحد صواريخ الأيروبي، وهى توضح تأثير انعدام الجاذبية.
فعندما تسبح من غير وزن – الصورة العليا – ترتبك الفيران ويختلط عليها الأمر.
وعندما تلمس سطح الطبلة – الصورة السفلى – يمكن توجيهها بإحكام.



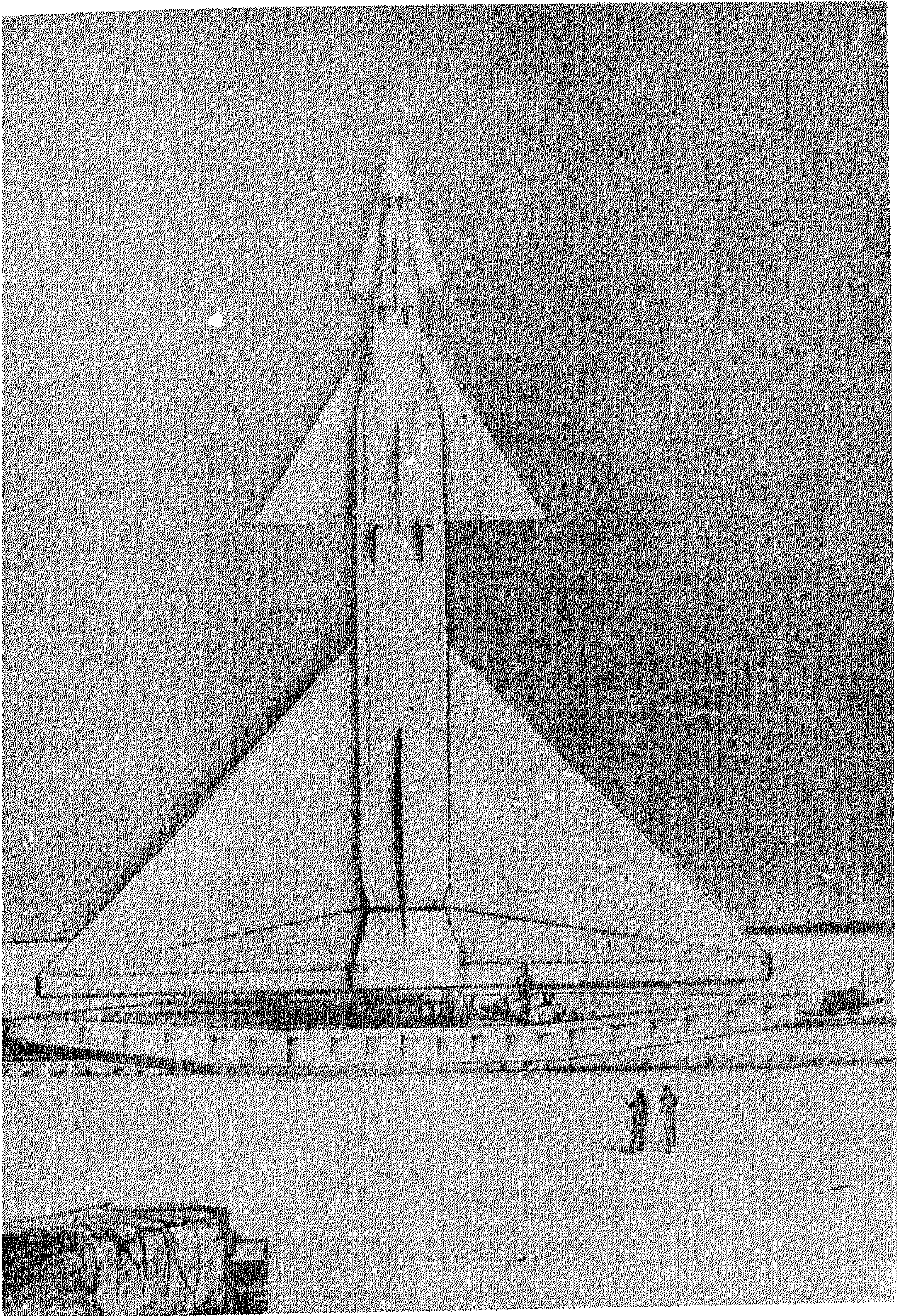
في فبراير عام ١٩٥٨ بدأ الرجل الأول في الطيران دونالد ج. فاريل تجاربه
داخل غرف الفضاء التي صممت لتحكي أسفار الفضاء تماماً.
ولم تظهر على فاريل أي أعراض مرضية.



فى معمل أبحاث البحرية يختبر القمر الصناعى بكل دقة. وتجرى عليه التجارب لتعيين مدى تحمله للصدمات والضغط والذبذبات.



صورة حديثة للقمر تبين الفوهات الهامة. عندما تقلب الصورة رأساً على عقب تظهر الفوهات كأنها مرتفعات.



نموذج لصاروخ الميتيور جوبيتر المصمم ليحمل الركاب إلى الفضاء الخارجى

١٠ - طب الفضاء

كان بزوغ فجر عصر الفضاء سبباً فى ظهور فرع جديد من فروع العلم والمعرفة هو علم طب الفضاء. ولقد بادر سلاح الطيران الأمريكى بإنشاء مصلحة لطب الفضاء، أصبح على الأطباء المختصين فيها أن يحلوا مسائل عديدة قبل أن يزور الناس القمر أو أى كوكب من الكواكب.

فأول واجباتنا أن نتأكد من بقاء البشر على قيد الحياة وهم يعبرون الفضاء الكونى، وكذلك وهم يقلعون من سطح الأرض أو يعودون إليه. ومنذ سنوات شرعت الولايات المتحدة الأمريكية فى معالجة مسائل طب الفضاء بطريقتين مختلفتين، تضمنت الأولى منهما إجراء التجارب على المتطوعين من الناس داخل المعامل الطبية، وتركزت الطريقة الأخرى فى إرسال بعض الحيوانات داخل الصواريخ إلى أعالى الجو وأعماق الفضاء. ففى عام ١٩٥٣ أرسل علماء أمريكا فأرين وقردين داخل صاروخ من نوع الأيروبى أطلق من الرمال البيضاء، وكانت الغرفة التى ضمت هذه الحيوانات عبارة عن (كابسولة) صممت بطريقة خاصة. وعندما وصل الصاروخ إلى ارتفاع ٥٧,٦ كيلومتر انفصلت (الكابسولة) بطريقة آلية وتساقطت إلى الأرض تحت حماية مظلات الهبوط. وتعرضت الحيوانات أثناء الصعود لقوة عادلت ١٤ ضعفاً لقوى الجاذبية الأرضية، ورغم أنها وقعت تحت هذه القوة الكبيرة لمدة ثانيتين ونصف ثانية فإنه لم تبد عليها آثار التوعك أو المرض. وعندما أخذ شريط سينما متحرك (فيلم) للفأرين أثناء تحليق الصاروخ دل هذا الشريط على أنه انتابتهما حالة من الحيرة واللبس خلال فترة التحليق التى انعدمت فيها قبضة جذب الأرض وتلاشت أوزانهما. أما القردان فقد جهزا بمعدات تسجل ضربات قلبيهما، وضغط الدم، وكذلك التنفس. والذى حدث أنه بمجرد أن أخرج القردان من (الكابسولة) بادر أحدهما إلى أكل ثمرة «صباع» من الموز بلذة ملحوظة.

وأرسل العلماء الروس عدداً من الكلاب داخل الصواريخ، ووصل بعضها إلى علو ٩٦ كيلومتر، ودلت تقاريرهم على أن الكلاب أتمت رحلاتها دون أن تظهر

عليها علامات المرض. وقد أرسل كلب منها داخل حلة الفضاء، ثم قذف به من الصاروخ على علو ٨٩,٦ ميلاً حيث عاد سليماً إلى سطح الأرض فى حماية مظلات الهبوط. وفى سبوتنك الثانى بقى الكلب على قيد الحياة أثناء الصعود، إلا أنه مات داخل القمر الصناعى بعد أن أخذ يدور حول الأرض.

وهناك عدد من التجارب أجريت على المتطوعين من البشر فى ظروف صناعية تشابه إلى حد كبير الظروف التى يتعرض لها المسافر داخل الصواريخ أو فى سفن الفضاء. فركاب سفينة الفضاء يقعون تحت تأثير قوة كبيرة جدًّا عندما يقلع الصاروخ، ويحدث المثل مع الفارق العظيم فى المدى أو المقدار داخل السيارة العادية عندما يندفع أو ينطلق السائق بها فجأة بسرعة ملحوظة بعد حالة السكون. وعادة يعبر عن هذه القوة بفرض أن قوة جذب الأرض (حـ) هى الوحدة ، فيقال مثلا ٢ حـ، ٣ حـ... إلخ.

واتضح خلال الحرب العالمية الثانية أن الطيارين عندما يخرجون من حالة انقضاض سريع أو لف مفاجئ يمكنهم تحمل قوى تصل فى مدارها إلى ٤ حـ دون حدوث الضرر. وعندما كانت القوة التى يتعرضون لها تصل حدود ٦ حـ كان يغمى عليهم فلا يبصرون. وظن فى بادئ الأمر أن الحالة داخل الصواريخ سوف تكون كذلك أيضاً، إلا أن التجارب دلت على أن الطيارين كان يغمى عليهم ولا يبصرون بسبب مكان جلوسهم، الذى ينجم عنه سحب الدم من المخ، ومن ثم حدوث الإغماء أو فقد الوعى.

وفى العادة تجرى التجارب على المتطوعين بأن يحملوا على الدوران فى طرف ساق متحركة ليقعوا تحت تأثير ما نطلق عليه اسم «القوة-الطاردة المركزية». ويمكن أن تزداد هذه القوة كلما أعطيت الساق سرعة دوران أكبر. فعندما عادلت القوة ٣ حـ شكا المتطوعون من إصابتهم بتعب وضيق شديد، وكذلك من عدة إحساسات سيئة، من بينها التقدير الخاطئ للزمن، إلا أنه من العجيب حقًّا أن الشكوى قلت عندما زادت القوة إلى ٤ حـ. واتضح أن المتطوعين يمكنهم تحمل قوة جدودها ١٠ حـ، على أنه فى حالة معينة تحمل متطوع فى سلاح الطيران براندولف قوة قدرها ١٧ حـ. واتضح كذلك أن طول الفترة التى يمكن أن يتعرض لها المتطوع تقل على وجه العموم كلما زادت سرعة الدوران أو القوة

الطاردة المركزية، فبينما يتحمل الفرد قوة قوامها ٧ حـ لمدة عشر دقائق نجده لا يتحمل قوة قدرها ١٠ حـ إلا لمدة دقيقتين فقط.

وهكذا تأكد علماء الطب من أن الركاب سوف يتحملون القوة التى تتولد عند انطلاق سفينة صاروخية. ولما كان الفرد فى مقدوره تحمل هذه القوى بسهولة وهو نائم فقد أوصى العلماء بأن تكون المقاعد من النوع الذى ينفرج عن أسرة للنوم تريح الركاب لحظة الانطلاق. فعندما يستلقى الراكب على ظهره يشعر كأنما جسده من الرصاص (معدن ثقيل)، وهو لا يستطيع رفع ذراعيه أو ساقيه أو رأسه إلا بعد مشقة عندما تصل القوة حدود ٣ حـ، أما عندما تصل حدود ٨ حـ فيجد أنه ليس من اليسير أن يتنفس، غير أن الركاب لن يتعرضوا لمثل هذه القوى إلا خلال الفترة التى تتزايد فيها سرعة الصاروخ - أى التى تخضع فيها السرعة لعجلة تزايدية.

وعندما تقفل محركات الصاروخ يعانى الركاب بعض الظواهر المضادة تماماً - الإحساس بانعدام الوزن - فالمعروف علميًّا أنه بمجرد أن يسبح الصاروخ فى مساره تحت تأثير السرعة التى جمعها بعد إطلاقه يعانى، أو هو يقع تحت تأثير ما يسمى «صفر الجاذبية»، وهى التى كانت تسمى أصلاً باسم «التساقط الحر»، لأنها إنما تحاكى نفس الشعور الذى ينجم عن السقوط من مكان مرتفع. ونحن نشعر بأوزان أجسامنا لأن الأرض تحملنا من تحتنا، وتقاوم أقدامنا قوة جذب الأرض لنا، ولكن فى حالة التساقط الحر أو الذى لا مقاومة فيه، كما يحدث مثلاً عقب قفزة عالية يتساقط فيها المرء تحت تأثير عجلة تزيد بسببها قيمة السرعة من لحظة إلى أخرى (هذه العجلة هى عجلة الجاذبية الأرضية)، يشعر المرء كأنما فقد وزنه. ويحدث نفس هذا الشعور داخل الصاروخ عندما يسبح فى مداره، سواء أكان يقترب من الأرض أم يبتعد عنها، وعلة ذلك أن الصاروخ فى كل من الحالتين إنما يستجيب لظاهرة الجاذبية استجابة كاملة.

ومهما يكن من شىء فإن حالة انعدام الوزن هى فى الواقع حقيقة واقعة وليست مجرد إحساس، فسوف يجد المسافر نفسه وكأنما يسبح داخل الصاروخ سبحاً، فيمشى بكل سهولة على سقف أى غرفة تماماً كما يمشى على أرضها، وإذا ما أفلت شىء يمسكه تجد أن هذا الشىء لا يسقط إلى أرض الغرفة وإنما يظل عالقاً فى الفضاء. وسوف يكون من المستحيل صب سائل من إبريق أو وعاء أو

سكبه فى كوب. ولعل أكبر ما يشغل البال فى هذا الباب هو: كيف يتم التفاعل بين مشاعر الإنسان وحالة انعدام الوزن؟ ولما كان من الممكن توافر مثل هذه الحالة داخل الطائرات فإن خبراء الطب يحاولون استغلال ذلك فى دراساتهم؛ ويقول نفر من الطيارين أن انعدام الوزن يحدث شعوراً جميلاً، فى حين لا يأبه له نفر آخر، أما الذين يدعون أنه أمر غير عادى ويقررون أنه يسبب لهم الضجر والشعور بعدم الراحة فهم قلة.

وأول من توصل إلى طريقة الحصول على صفر الجاذبية فى الطيارات النفاثة خبيران يدعى أحدهما فرتز والثانى هاينز هابر، فى مصلحة طب الفراغ التابعة لسلاح الطيران الأمريكى براندولف بولاية تكساس، وذلك بأن ينقض الطيار بطائرته فى اتجاه رأسى تقريباً حتى تأخذ كامل سرعتها، ثم يعطيها الاتجاه الأفقى ويبطل عمل المحرك، يجد أن الطائرة تسير فى قطع مكافئ، على غرار المسار الذى تسير فيه كرة القدم عندما يلقفها طفل إلى آخر، وخلال هذه الفترة بالذات يقع الطيار تحت تأثير ظاهرة انعدام الوزن، ثم يعمد إلى تشغيل المحرك بعد ذلك.

ولقد استخدمت هذه الطريقة فى الحصول على فترات لانعدام الوزن تراوحت بين ٣٠ و ٤٥ ثانية. وقرر أول طيار استخدمها أنه شعر كأنما – يجلس على كرة ضخمة تلف فى عدة اتجاهات فى نفس الوقت، كما لاحظ أن قلماً من أقلام الرصاص، كان على سطح جهاز أمامه، ارتفع فى الهواء وأخذ يسبح فيه. وأعجبت هذه الحالة ٢٢ من الطيارين الذين قرروا الشعور بمنتهى السعادة، كما قالوا إنهم فقدوا إحساسهم بأن الطائرة تتحرك وإنما هى كانت تسبح أو تعوم. وقرر ١١ طياراً الوقوع تحت مشاعر مختلفة، مثل السقوط واللف، والوقوف على الرأس، والتعليق فى الفضاء... إلا أن هذه الإحساسات كلها لم تكن مصدراً من مصادر الانزعاج الحقيقى لهم. وعانى ١٤ طياراً من ظاهرة انعدام الوزن بعض المتاعب وظهرت عليهم أعراض أمراض الدوار والحركة العنيفة. وفى النهاية اتضح من إجراء هذه التجارب أن بعض الأفراد سوف يمكنهم السفر فى السفن الصاروخية دون مشقة تذكر؛ فى حين يتعذر هذا الأمر على البعض الآخر.

ومن أهم المسائل التى يدرسها رجال الطب والهندسة مسألة تصميم غرف سفن الفضاء؛ ولقد تم بناء كثير من النماذج لهذه الغرف فى راندولف فيلد وغيرها. وتجرى التجارب على المتطوعين داخل هذه الغرف حتى يعرف المختصون مدى

صلاحيتها. وبطبيعة الحال يلزم أن تكون هذه الغرف مكيفة الهواء، كما تحتفظ بالضغط الجوى داخلها، على أن تمد بالأوكسجين اللازم لعمليات التنفس. ويلزم أن تستخدم طريقة كيموية لتخليص الأوكسجين من ثانى أوكسيد الكربون عندما يتراكم هذا الأخير بعملية التنفس.

ويتفق الجميع على أنه من الصعب حقاً أن تنظم درجة الحرارة في غرف سفن الفضاء، فإنه عندما ينطلق الصاروخ صاعداً خلال طبقات الجو السفلى قد يكفى الاحتكاك بهذه الطبقات لرفع درجة حرارة الغرف إلى معدلات كبيرة غير مألوفة ولا محتملة. وقد أثبت الاختبار الصحى أن الإنسان يستطيع أن يتحمل درجات حرارة عالية تصل إلى حدود ٧٠ درجة مئوية خلال فترة تمتد إلى ٧٠ دقيقة دون خطر محقق. أما درجات الحرارة التى فوق هذا القدر فيمكن تحملها لفترات أقصر.

ومن مصادر الحرارة التى ليس من السهل التغلب عليها أشعة الشمس المباشرة، فهى قد تسبب ارتفاع درجة الحرارة داخل الصاروخ إلى قيم كبيرة جدًّا، إلا أن هذه الظاهرة سوف تقاوم باستخدام بعض الحواجز أو الستائر التى تحجز كثيراً من الإشعاع الشمسى.

ومن المسائل التى لم تتم دراستها بعد مسألة تأثير الأشعة الكونية التى تبلغ من القوة درجة تستطيع معها أن تنفذ من جدران الصاروخ لتستقر داخله. ومن اللازم أن تجرى اختبارات أخرى عديدة على الحيوانات بعد إرسالها فى الصواريخ أو فى الأقمار الصناعية لتحديد مدى الضرر الذى تسببه هذه الأشعة على الركاب والمسافرين فى رحلات الفضاء.

١١ - محطة الفضاء

تستلزم رحلات الفضاء البعيدة وجود محطات فى الطريق، تنتهى عندها مرحلة من مراحل الرحلة وتبدأ مرحلة أخرى، حيث أن قوة دفع الصاروخ لا تمكنه من قطع المسافات البعيدة خارج المجموعة الشمسية. وتدور حول الأرض الآن محطات فضاء تجريبية يعيش فيها العلماء والخبراء عدة شهور، وهم يقومون بإجراء البحوث العلمية والتكنولوجية.

ومحطة الفضاء مركبة ضخمة تحتوى على أماكن للمعيشة، ومعامل للبحوث العلمية وورش. ويمكن أن يصل عدد ركابها إلى عدة عشرات من الأشخاص. ويتم إنشاء وحدات المحطة على الأرض ثم تنقل هذه الوحدات الواحدة تلو الأخرى لتدور فى مدار حول الأرض. وفى المدار تضم كل وحدة إلى الأخرى بحيث تلتحم بها وتدور الوحدات الملتحمة كأنها مركبة واحدة.

ولقد بدأت تجارب الالتحام ضمن برنامج الاستعدادات للرحلة القمرية، وأرسلت الولايات المتحدة الأمريكية «معملاً سماويًّا» (سكاى لاب) لإجراء البحوث فى الفضاء فى السنوات السبعينية. كما تعاونت مع الاتحاد السوفيتى، حيث التحمت سفينة فضاء أمريكية مع أخرى سوفيتية فى الفضاء، وتدور الأن فى عام ١٩٨٨ محطة فضاء سوفيتية حول الأرض حاملة مجموعة من العلماء والخبراء، ظلوا فيها بضعة أشهر.

ومن أبرز سمات محطة الفضاء أن الظروف فيها تحاكى الظروف الأرضية. فنحن نعلم أن المركبة الدائرة فى مدار حول الأرض تنشأ فيها حالة «انعدام الوزن». وفى هذه الحالة لا يستطيع الركاب السير على الأقدام لعدم وجود قوة تجذبهم نحو أرضية المركبة، فنحن نسير على الأرض لأن قوة الجاذبية الأرضية تشدنا نحو الأرض. كما أن جميع الأشياء تسبح فى الفضاء، فأنت إذا تركت شيئًا من يدك لا يسقط كما تفعل الأشياء على الأرض، بل يظل سابحاً فى مكانه فى الفضاء ما لم يعترض سبيله ما يوقف حركته. ولقد تغلب العلماء على هذه الحالة بجعل المركبة تدور حول نفسها، بالإضافة إلى سيرها فى مدارها حول الأرض.

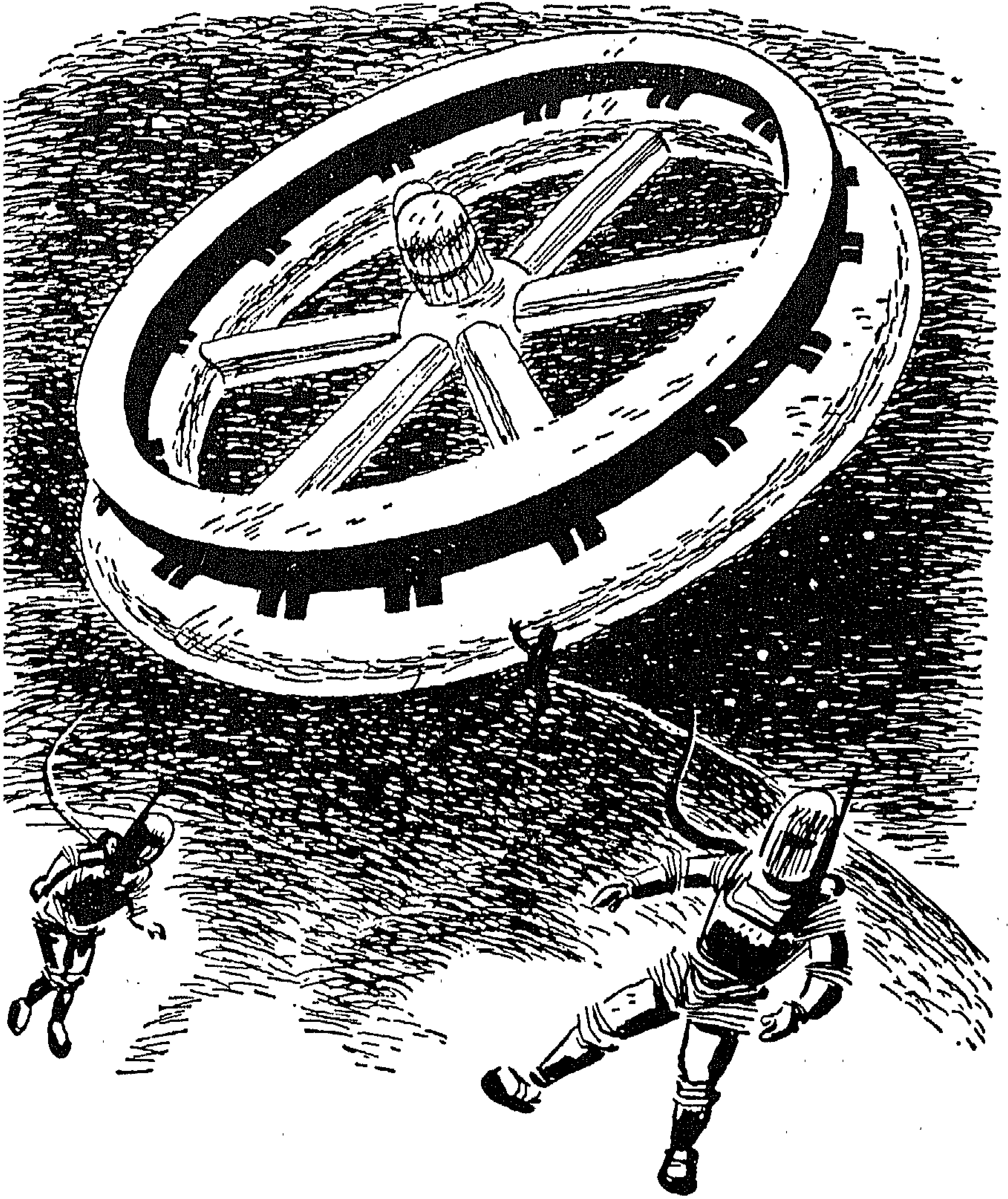
فدورات المركبة حول نفسها يحدث، كما نعلم من دروس الميكانيكا، قوة طاردة مركزية تشد الأجسام نحو الجدران أى بدلاً من الجاذبية الأرضية. وإذا دارت المركبة بمعدل ثلاث دورات ونصف الدورة فى الدقيقة فإن (هذه) القوة الطاردة المركزية تحاكى قوة الجاذبية الأرضية مع وجود اختلاف واحد، وهو أن الشخص يستطيع المشى على الأرضية والجدران على السواء. والسبب فى ذلك أن قوة الجاذبية الأرضية تجذب الأشياء نحو مركز الأرض دائماً، أما القوة الطاردة المركزية تدفع الأشياء نحو الجدران. وفى الواقع إذا نحن أمعنا فى الأمر نجد أنه لا يوجد اختلاف على الإطلاق. فسكان القطب الجنوبى يمشون مقلوبين بالنسبة لسكان القطب الشمالى فأقدام كلا الفئتين متجهة نحو مركز الأرض، ولكننا لا نلاحظ ذلك لضخامة الكرة الأرضية.

ويختلف الجو داخل محطة الفضاء عنه على سطح الأرض فى أن جو الأرض يتكون من النتروجين بنسبة ٧٨٪ والأكسيجين بنسبة ٢١٪ وغازات أخرى كالأرجون وغيره بنسبة ١٪ تقريباً. أما فى محطة الفضاء فتزيد نسبة الأكسيجين إلى الضعف تقريباً ويخلط به النتروجين والهيليوم.

ومحطة الفضاء الحالية غرفة أسطوانية فى حجم المقطورة التى تستخدم فى الرحلات الخلوية ملتحمة مع كبسولة فضاء عادية. ويظل ملاحو الفضاء فى الكبسولة إلى أن تستقر محطة الفضاء فى مدارها، وعندئذ يغادر الملاحون الكبسولة إلى معملهم فى المحطة لإجراء البحوث المناط بهم إجراؤها.

وتوجد أفكار مختلفة بشأن التصميم النهائى لمحطة الفضاء. ومن أفضل الأفكار التى اقترحت، تلك التى تقدم بها الدكتور ڤيرنر فون براون. وتبدو المحطة التى اقترحها على شكل حلقة كبيرة جوفاء مكونة من قطاعات ملتحمة بعضها مع بعض وفى مركز الحلقة غرفة تتصل بحافتها بممرات نصف قطرية. وهذه الغرفة هى مدخل محطة الفضاء، فيدخل منها ملاحو الفضاء، ويأخذون طريقهم إلى حافة الحلقة خلال الممرات، حيث يقيمون ويعملون. وتدور هذه الحلقة حول محورها لإحداث قوة طاردة مركزية تحاكى قوة الجاذبية الأرضية، وهكذا تهيئ ظروفاً مماثلة للظروف الأرضية، فلا يشعر الركاب بانعدام الوزن. أما المدخل فى مركز الحلقة، فينعدم فيه الوزن.

وتستخدم محطات الفضاء والمعامل السماوية التى تدور الآن حول الأرض



يقترح ڤون براون بناء محطة فضاء فى صورة عجلة كهذه المحطة

لإجراء الأرصاد الأرضية والفلكية. فمنها يمكن مراقبة ما يجرى على سطح الأرض، حيث تكشف أجزاء كبيرة من سطح الأرض فى أوقات معينة، وترى منها كل بقعة من بقاع الأرض مرة كل أربع وعشرين ساعة على الأقل، فتكشف عن جبال الجليد التى تعترض مسار السفن وعن العواصف البرية (الهاركين) قبل هبوبها على المناطق المعمورة، كما تكشف عن المنشآت الجديدة والتجمعات العسكرية، وهكذا يستطيع العلماء العاملون فيها إنذار من يهمهم الأمر قبل التعرض لأخطار هذه الأحداث.

ولقد حقق معمل الفضاء لعلماء الفلك أمنية طالما تاقوا إليها وهى النظر إلى السماء دون أن تعوقهم الغشاوة الجوية. فالهواء الجوى المحيط بالأرض يعمل كحجاب يحجب الرؤية الواضحة بالإضافة إلى ما يحدثه من تشويهات وأخطار فى أرصادهم. والسماء فوق معمل الفضاء صافية خالية من الهواء والشوائب، وهكذا تخلو أرصادهم من الأخطاء وتمدهم بالمعلومات الصادقة.

ويهم بعض العلماء أيضاً أن يجروا تجارب علمية عن ظروف الفضاء وانعدام الوزن، ويتيح لهم معمل الفضاء ظروفاً ممتازة لإجراء هذه التجارب.

أما محطات الفضاء الكبيرة، فسوف تضم بالإضافة إلى المعمل العلمى «ورشا» لتركيب مركبات الفضاء المتجهة إلى الأجرام السماوية البعيدة. فترسل إليها قطع هذه المركبات من الأرض، وتجمع هذه القطع فى محطة الفضاء، ومنها تطلق المركبات إلى هدفها المرسوم.

ولكن كيف تنقل الأشياء والمؤن إلى محطات الفضاء؟ كانت الإجابة عن هذا السؤال هى ما اهتم به العلماء والمهندسون قبل إرسال «المعمل السماوى» إلى الفضاء ليدور فى مداره حول الأرض. فصنعوا «مكوك الفضاء» ليكون وسيلة النقل من الأرض إلى محطة الفضاء والعودة إلى الأرض ثانية. وملاحو الفضاء المناط بهم قيادة هذا «المكوك» مدربون تدريباً خاصاً، فعليهم أن يتقنوا عملين مهمين بالإضافة إلى أعمالهم الأخرى. وهذان العملان هما، الاهتداء إلى هدفهم فى الفضاء والوصول إليه، ثم العمل على التحام مركبتهم بالهدف، (محطة فضاء أو مركبة أخرى) بطريقة سلسة دون اصطدام. والرادار هو الوسيلة لتحديد موقع الهدف، أما الالتحام، فعملية دقيقة تتطلب حذقاً ومهارة. فعندما يرى الملاح هدفه يغير من سرعة مركبته حتى يدور فى المدار نفسه الذى يدور فيه الهدف. وفى هذه

الحالة تتساوى سرعتاهما. ثم يحاول الملاح الاقتراب من الهدف بتغيير سرعته قليلا وذلك بإطلاق تيار من الهواء المضغوط خلال فتحات خاصة، أو إطلاق صواريخ صغيرة، وتتم هذه العملية بدقة شديدة إلى أن تتماس المركبتان عندئذ يحكم وثاقهما ويدوران كجسم واحد. وبالطريقة نفسها يمكن فصل المركبتين كل منهما عن الأخرى وإخراج «المكوك» من المدار وإعادته إلى الأرض ثانية.

ومكوك الفضاء هو فى الحقيقة «طائرة فضائية» شبيهة بالطائرة النفاثة ولها ثلاثة محركات صاروخية، ويعزز قوة الدفع عند إطلاقها من قاعدة الإطلاق صاروخان ينفصلان منها عندما تصل إلى ارتفاع ٤٣ كيلومتراً من سطح الأرض، ولا يحترق هذان الصاروخان فى الجو كما كان يحدث فى الصواريخ السابقة ولكنهما يعودان إلى الأرض سالمين إذ يهبطان فى المحيط باستخدام «الباراشوت»، وتلتقطهما سفينة معدة لذلك. أما طائرة الفضاء فتستمر فى صعودها إلى أن تصل إلى مدارها. وقبل وصولها إلى المدار بقليل تتخلص من مستودع الوقود الذى يغذى محركاتها الصاروخية، فيحترق فى الجو فى أثناء هبوطه، وقد تسقط بعض أجزائه فى المحيط.

وبعد أن تؤدى «الطائرة الفضائية» (المكوك) مهمتها، بأن تظل فى مدارها عدة أيام وعلى متنها «المعمل السماوى»، أو تسلم المؤن لمركبة أخرى تقلل من سرعتها، بإطلاق صواريخ رجوع صغيرة، فتخرج من مدارها وتنحدر هابطة بدون محركات حتى تصل إلى قاعدتها سالمة. وترتفع درجة حرارة مقدمتها وبعض أجزائها إلى الاحمرار تقريباً بسبب الاحتكاك بجزيئات الهواء، ولكن وجود طبقة عازلة قوية على السطح يحمى ما بداخلها من الحرارة.

وميزة مكوك الفضاء هى إمكان إعادة استخدامها واستخدام الصواريخ المعززة مرات عديدة أخرى، وهذا على عكس الصواريخ السابقة التى تستخدم مرة واحدة ثم تحترق فى الهواء. وبهذه الطريقة أمكن خفض تكاليف رحلات الفضاء كثيراً عن ذى قبل.

تؤدى محطة الفضاء ثلاث فوائد هى:

اتخاذها بمثابة الحوض الذى تبنى فيه سفن الفضاء، وجعلها المرفأ الذى يمكن أن تهبط عليه هذه السفن عند عودتها من القمر أو المريخ، حيث يركب الناس

الصواريخ التى تنقلهم إلى سطح الأرض. أما الفائدة الثالثة التى تجنى من وراء بناء محطة الفضاء فهى فائدة علمية، فهى سوف تمد بالمناظير الفلكية المكبرة وعدادات جيجر وغيرها من الأجهزة والمعدات اللازمة لدراسة الشمس والنجوم والأشعة الكونية وغيرها من عجائب الكون وآياته.

١٢ - الكشف عن معالم القمر

لقد كان هبوط نيل أرمسترونج وإدوين ألدرين على القمر فى ٢٠ يوليو عام ١٩٦٩ حدثًا هامًّا فى تاريخ البشرية. فلقد أصبح تنظيم رحلات للسياحة أو للعمل. وثمة أفكار بشأن إقامة قاعدة فضائية كبيرة على سطح القمر تبدأ منها الرحلات إلى ما هو أبعد منه من الكواكب أو إلى خارج المجموعة الشمسية فلنتخيل ما سنجد عليه القمر عندما نقوم برحلة لزيارته. فإن القمر فى لحظة انطلاق سفينتنا القمرية إنما يظهر فضيًّا ولامعاً بدرجة أكبر مما نألفه على الأرض، وذلك لانعدام الغلاف الجوى الذى يحد من مدى الرؤية على الأرض. ويمضى الوقت ويزداد حجم القمر ويعظم لمعانه، وسرعان ما يأخذ الصورة التى نراه عليها عندما نفحصه خلال منظار مكبر صغير الحجم، فنتبين أن القمر ما هو فى الواقع إلا سلسلة من المساحات الواسعة المظلمة على سطحه، كما تظهر لنا. سلاسل الجبال العظمى التى تحيط بها، وفوهات البراكين الخامدة التى تأخذ شكل النقط المتناثرة على السطح.

وهذا هو عين ما رآه جاليليو عندما نظر إلى قرص القمر الفضى الصغير عام ١٦٠٩، إلا أنه ظن أن المساحات المظلمة هى محيطات القمر فأطلق عليها اسم (ماريا)، وهو اللفظ اللاتينى لكلمة بحار، ولكن القمر كما نعرف خلواً من الهواء والماء على السواء، وليست بحار جاليليو سوى الأودية المسطحة الواسعة، برغم أننا مازلنا حتى اليوم نخلع عليها الأسماء نفسها التى أعطاها لها الشعراء أيام جاليليو، مثل: «مار سرنيتاتس» أى «بحر الصفاء»، و«ترانكليتاتس» أى «بحر السكون»، و«مار إمبريم» أى «بحر الأمطار».

ومنذ عهد جاليليو وعلماء الفلك دائبون على رسم القمر وتصويره، ويحمل الربان المسافر إليه أحدث الخرائط موضحاً عليها الجبال وفوهات البراكين والبحار كافة، وكذلك صور القمر التى التقطت بالمناظير الكبيرة كمنظار ماونت ولسون أو پالومار ماونتين... وهى تبين معالم سطح القمر كأنه على بعد ٣٢٠٠ كيلومتر فقط.

ونقترب من القمر وندنو منه ويصبح على مسافة ٣٢٠٠ كيلومتر منا، ويعمد ربان سفينتنا إلى السبح بها فى مسار أو مدار دائرى من حوله، وقد يبدو القمر للعيان كما يراه الفلكيون على الأرض خلال أكبر المناظير الفلكية التى تصل إلى ٢٥٠ سنتيمتراً كمنظار ماونت ولسون، إلى خمسة أمتار كالمنظار العالمى فى پالومار ماونتين. ونحن نعلم من دراسات علماء الفلك خلال ٣٠٠ سنة مضت أن قطر القمر هو ٣٤٧٥ كيلومتراً، أما الأرض فيبلغ قطرها ١٢٧٥٦ كيلومتراً وتغطى بعض «بحار» القمر مساحات واسعة، وتكاد تكون مستديرة الشكل، فقطر «بحر الأمطار» يصل إلى ١١٢٠ كيلومتراً، أما «بحر الهدوء» فيبلغ قطره ٦٩٠ كيلومتراً. وهناك على سطح القمر عشر سلاسل لجبال عظمى سميت تبعاً بسلاسل جبال الأرض: فتجد مثلا الألب القمرية، والبرانس القمرية...،وكلها تتميز بشدة وعورتها ووفرة القمم البارزة فيها. وأعظم الجبال هناك سلاسل الأپنينى القمرية التى تمتد على طول ساحل (بحر الأمطار) لترسم منحنيًّا عظيماً طوله ١٠٣٠ كيلومتراً، وفى هذه السلاسل أكثر من ٣٠٠٠ قمة عالية، يرتفع بعضها إلى علو ٥٤٠٠ متر. ولكن المنظر الذى يبهر أعيننا عند انحراف سفينتنا لتدور من حول القمر هو مما لم تر الأعين على الأرض. ومن أبدع ما نبصر فوهات البراكين المتناثرة فى كل مكان، وتختلف أشكالها كما تتباين حجومها من الصغيرة جدًّا التى يصعب تمييزها من مسافة ٣٢٠ كيلومتراً إلى الكبيرة التى يربو قطرها على ١٦٠ كيلومتراً.

وفى العصور الماضية أطلق المتخصصون الذين رسموا خرائط القمر أسماء الفلكيين الذين عاصروهم على بعض فوهات البراكين: فتجد مثلا فوهة كبرنيق، وفوهة تيخو، وفوهة كپلر، وهكذا... أما أكبر فوهة هناك فتسمى فوهة كلافياس، ويبلغ قطرها ٢٢٥ كيلومتراً. ويبلغ مجموع فوهات البراكين التى على وجه القمر المرئى نحو ٣٢ ألف فوهة. كلها مملوءة إما بمقذوفات البراكين المتجمدة أو بالغبار والأتربة. وهناك فوهات تظهر داخل فوهات أخرى أكبر، كما أن منها ما ينبثق خلال جدران الفوهات الأخرى.

ومن الأشياء العجيبة الخلابة التى نراها ونحن فى سفينتنا مجموعة مناظر كل منها عبارة عن جرف طويل مستقيم، يزيد طول بعضها على ٥٠ ميلا، والمعتقد أنها من نتاج استقرار أجزاء كبيرة من القمر على سطحه. ونبصر أيضاً تلك الشقوق

العميقة التي على سطح القمر والتي تجرى على مسافات قوامها ١٤٠ أو ١٦٠ من الكيلومترات. وأعجب من هذا كله تلك الخطوط ذات الألوان الباهتة التي تمتد من فوهات البراكين العظمى إلى جميع الاتجاهات من حولها، وهى التي يطلق عليها الفلكيون اسم «الأشعة».

وبعد أن نلف حول القمر عدة مرات يقرر ربان سفينتنا النزول فى حركة لولبية، وأخيراً يهبط على بحر الأمطار قرب قاعدة الأبنيني القمرية، إلا أننا لا نستطيع مغادرة السفينة قبل أن نلبس حُلل الفضاء.

ونلمس الواقع: مهما بدا القمر جميلا خلاباً من على سطح الأرض، يا له من مكان مخيف ملىء بالأخطار ولا سبيل إلى السكنى فيه!! إنه خلو من الماء والهواء على السواء! وليست جباله الشاهقة سوى مجرد صخور جرداء. فأين عيون الأرض ومجارى مياهها وغاباتها وبساطها السندسى الأخضر؟! وتتساقط أشعة الشمس المحرقة على سطح القمر وتخز أجسامنا وخز الإبر، ولا نجد نسمة من هواء تقينا شرها أو تدرأ عنا حرها.

ولما كان القمر يلف ببطء شديد حول محوره بحيث يكمل دورة كاملة فى نفس الوقت الذى يكمل فيه دورته حول الأرض، نجد أن أى بقعة على سطحه تتساقط عليها أشعة الشمس مدة أسبوعين متتاليين، ثم تقع فى الظلام خلال أسبوعين كذلك. وترتفع درجة الحرارة فى أثناء النهار الطويل على القمر إلى أكثر من نقطة غليان الماء (١٠٠ درجة مئوية)، كما تنخفض خلال الليل إلى حدود ١٥٣ درجة تحت الصفر. وعلى ذلك فلا مناص من أن تكون حُلل الفراغ التي نلبسها مكيفة الهواء، خصوصاً إذا كان علينا أن نجوب القمر.

وتغطى سطح القمر طبقة سميكة من الأتربة تعوق انتقالنا من مكان إلى آخر، كما أن علينا أن نحذر من أن تنهار بنا الأتربة داخل فوهة عميقة من فوهات البراكين، أو قد تخبئ تلك الأتربة من تحتها صخوراً حادة قاطعة. ومهما يكن من شىء فإن صغر جاذبية القمر هى فى الواقع فى مصلحتنا. إنها تبلغ $\frac{1}{6}$ جاذبية الأرض، مما جعل فى مستطاعنا قفز مسافة ٧,٥ متر دون مشقة تذكر. وتهوى الشهب دون هوادة فتسحق بعض صخور السطح.

وهناك نظريتان لتفسير وجود فوهات البراكين: أما النظرية الأولى فتقول إن تلك الفوهات هى فى الواقع من آثار البراكين التي تكونت فى عصور القمر

الأولى، وأما النظرية الثانية فتدَّعى بأنها نتيجة التصادم مع الشهب الكبيرة أو النيازك، فمن المعتقد أنه فى أول عهد المجموعة الشمسية كان يتوافر فى الفضاء كثير من الشهب الكبيرة الحجم أو النيازك، التى عندما تساقط بعضها على القمر أحدث تلك الحفرة الكبيرة. ومن أمثلة ذلك على الأرض تلك الفوهة المعروفة فى أريزونا باسم (ميتيور كريتر). وربما كان سطح الأرض يعج بأمثال هذه الفوهات فى الأزمنة السحيقة، إلا أن عوامل التعرية ممثلة فى الرياح والمطر والأنهار وغيرها أضاعت معالمها، ولا تتوافر هذه العوامل على القمر لخلوه من الماء والهواء فبقيت تلك الأخاديد كما هى.

ويتوق الفلكيون إلى العمل على سطح القمر، فمن المؤكد أنه موقع مثالى لهم يمكنهم من استخدام أجهزة أصغر كثيراً مما يستخدمونه على الأرض ومن الحصول على كميات هائلة من البيانات الجديدة. كما أن الباحثين فى سلوك الأشياء وخصائصها فى درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة وفى الفراغ سيسعدون بالذهاب إلى القمر حيث يجدون الظروف مهيأة لذلك. أما كيف يعيش هؤلاء الناس على السطح القمرى حيث لا يوجد ماء ولا هواء، وحيث درجة الحرارة إما زمهرير البرد وإما الصهيد اللافح، وحيث الشهب الدقيقة التى تتطاير بسرعة هائلة فى الفضاء المحيط بالقمر بدون مقاومة فتخترق جدار مركبات الفضاء وما شابهها. إن هذه الشهب تأتى إلى الأرض ولكنها تحتك بجزيئات الهواء فتحترق بحرارة الاحتكاك لا يصيبنا منها سوء. فهناك أفكار كثيرة بشأن استعمار الإنسان للقمر، منها إنشاء مدن تحت قباب ضخمة لا يتسرب منها الهواء، وتزود باستمرار بمزيج من الأكسجين والنتروجين، كما تزود بالماء والتدفئة. وإنشاء محطات لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية ومصانع للتعدين وتوليد الأكسجين ومزارع للنباتات باستخدام الماء المحتوى على المغذيات بدون تربة، وغير ذلك من الوسائل التى تساعد على الحياة فى هذه المستعمرة الفقيرة، ولكن كل ذلك يتطلب تكنولوجيات جديدة وأموالاً وفيرة وأيادى عاملة كثيرة. وربما يأتى اليوم الذى يتحقق فيه كل ذلك.

ويأمل علماء ومهندسو الفضاء أن يتحقق ذلك فى المستقبل المتطور؛ حيث أنهم يتطلعون إلى إقامة قاعدة فضائية ضخمة يطلقون منها مركباتهم الفضائية إلى أغوار الفضاء السحيقة.

١٣ - سفينة الفضاء الذرية

بمجرد أن يحط رواد الفضاء الشجعان رحالهم على القمر يصبح هدفهم التالى كوكب المريخ، ذلك الكوكب الذى أثار اهتمام البشر وشغل بالهم أكثر من غيره من بين سائر أفراد المجموعة الشمسية. وقد يحدث أن يلمع المريخ فى كبد السماء ويبدو كمصباح أحمر فى ظلام الليل، وعندها يهرع الفلكيون فى شتى أنحاء الأرض مسرعين إلى رصده؛ إذ يقترب من الأرض، وتكون الفرصة سانحة لحل مشكلة خطوطه الغامضة. ويتكرر هذا الوضع مرة كل سنتين وشهرين.

وكما هو معروف تبعد الأرض عن الشمس بمسافة متوسطها ١٥٠ مليون كيلومتر، وهى تستغرق ٣٦٥,٢٥ يوماً لتتم دورة كاملة من حول الشمس. أما المريخ فيبعد عن الشمس بمسافة متوسطها ٣٠٧ مليوناً من الكيلومترات. وهو يستغرق ٦٨٧ يوماً ليتم دورة كاملة من حولها. ويتغير البعد بين الأرض والمريخ من يوم إلى آخر، نظراً لسبحهما حول الشمس بمعدلات مختلفة: فعندما يكونان فى طرفين متقابلين على جانبى الشمس تبلغ المسافة بينهما أقصاها، أما إذا وجدا فى طرف واحد وعلى استقامة واحدة مع الشمس فإن البعد بينهما يكون أقل ما يمكن. ويتكرر هذا الوضع الأخير مرة كل عامين وشهرين، ويطلق الفلكيون عليه اسم «التضاد». ولما كانت مسارات الكواكب السيارة غير صادقة الاستدارة، وإنما هى قطاعات ناقصة فإننا نجد أن البعد الحقيقى بين الأرض والمريخ إنما يختلف فى حالات التضاد هذه من وضع إلى آخر، فنجده يزداد إلى حدود ١٠٠ مليون من الكيلومترات تارة، ثم يعود فيتناقص إلى حدود ٥٨ مليوناً من الكيلومترات تارة أخرى، بحيث يبلغ المتوسط نحو ٧٧ مليوناً من الكيلومترات.

وربما يثير دهشتك أن تعلم أن ملاحى الفضاء لن يبدءوا رحلاتهم إلى المريخ فى اللحظة التى يبلغ فيها هذا الكوكب أقل بعد له عن الأرض، فإن مثل هذه الرحلة تتطلب كميات من الوقود أكبر من طاقة حمل سفينة الفضاء عندما نفترض أنها ستسير فى خط مستقيم من الأرض إلى المريخ، والطريقة المثلى هى وضع سفينة الفضاء فى المسار اللائق، ثم تركها تسبح حتى تقترب من المريخ وتدخل نطاق جذبه.

وقد صمم نفر من خبراء الصواريخ، من بينهم ڤيرنر فون براون سفن الفضاء المريخية باستخدام الوقود السائل مثل الهيدرازين وحامض الأزوتيك. وبطبيعة الحال سوف يتم بناء مثل هذه السفن بعيداً عن سطح الأرض، فى إحدى محطات الفضاء، وسوف لا تقل كتلة السفينة عن نحو ١٧٠٠ طن، إلا أن أغلب هذا الوزن يتركز فى الوقود والمحركات بحيث لا تتسع السفينة لحمل أكثر من ستة أو ثمانية أشخاص.

وبما أن سفينة الفضاء المريخية سوف تبنى فى الفضاء، فإنها بطبيعة الحال سوف تدور حول الأرض بالمعدل نفسه الذى تدور به المحطة، ولا يبقى على قائد السفينة إلا أن يسيّر محركاتها الصاروخية بالقدر الكافى لزيادة السرعة إلى نحو ٢٥ ألفا من الأميال فى الساعة، وهى السرعة اللازمة للنفاذ من قبضة الأرض أو جاذبيتها.

وبمجرد أن تخرج السفينة من قبضة الأرض تصبح كوكباً صغيراً يسبح حول الشمس، تماماً كما تسبح الأرض نفسها أو كما يدور المريخ حول الشمس، ويبقى على قائد السفينة أن يضبط سرعة انطلاقها فى الفضاء بحيث يصبح مسارها قطعاً ناقصاً، وتكون أدنى نقطة محطة الفضاء التى أقلع منها، وأعلى نقطة تقطع مسار المريخ أو فلكه. وبهذه الطريقة يكون على سفينة الفضاء أن تقطع نصف مسارها حول الشمس لتلتقى بمدار المريخ، إلا أن الرحلة يجب أن ترسم خطوطها بدقة وعناية بحيث يتم التلاقى بين السفينة وكوكب المريخ، وأقرب فترة لذلك بعد مسيرة ٢٦٠ يوماً.

وعندما تدنو السفينة من مجال جذب المريخ يكون على الربان أن يدخل بها فى مسار من حول الكوكب لتسبح فى الفضاء القريب منه كتابع له، على ارتفاع نحو ١٠٠٠ كيلومتر مثلاً. ولن يحاول الربان الهبوط بسفينته على سطح الكوكب لاستحالة هذا الأمر، بل إن الهبوط سوف يتم بوساطة مركبة تحملها سفينة الفضاء، هذه المركبة هى فى الواقع سفينة صاروخية صغيرة لها أجنحة تمكنها من التحليق فى جو المريخ والهبوط على سطحه ثم العودة من جديد إلى سفينة الفضاء بسلام. وبعد كل ذلك يبقى على سفينة الفضاء أن تنتظر اللحظة الملائمة للإقلاع والرجوع إلى الأرض. ولسوف تستغرق الرحلة الكاملة على هذا النحو زهاء عامين ونصف عام.

ويرى الكثيرون من العلماء أن استخدام الطاقة الذرية سوف يكون أكثر نجاحاً وأعم فلاحاً من استخدام الوقود السائل فى تسيير سفن الفضاء المريخية ودفعها فى الفراغ الكونى، وهم يعتقدون أن سفينة الفضاء الذرية سوف تكون ولاشك أصغر حجماً وأقل تكلفة وأسهل قيادة.

ولقد صمم الدكتور إرنست شتولنجر، أحد خبراء مركز الصواريخ الأمريكى فى هتنر فيل بولاية آلاباما، سفينة فضاء ذرية يدهشك منظرها ويثير اهتمامك: فهى أولا وقبل كل شىء لا تبدو على هيئة الصاروخ، ولا هى تأخذ شكل الطائرة، كما أنها لا تشبه أى سفينة فضاء تم تصميمها من قبل أو سبق لك أن رأيتها، وإنما هى على شكل مظلة يابانية كبرى، يبلغ قطرها عند فتحها ٢٥٠ قدماً، أما عصى المظلة فهى فى صورة عمود طوله ٢٥٠ قدماً أيضاً، على النحو الموضح فى الشكل ص ٩١.

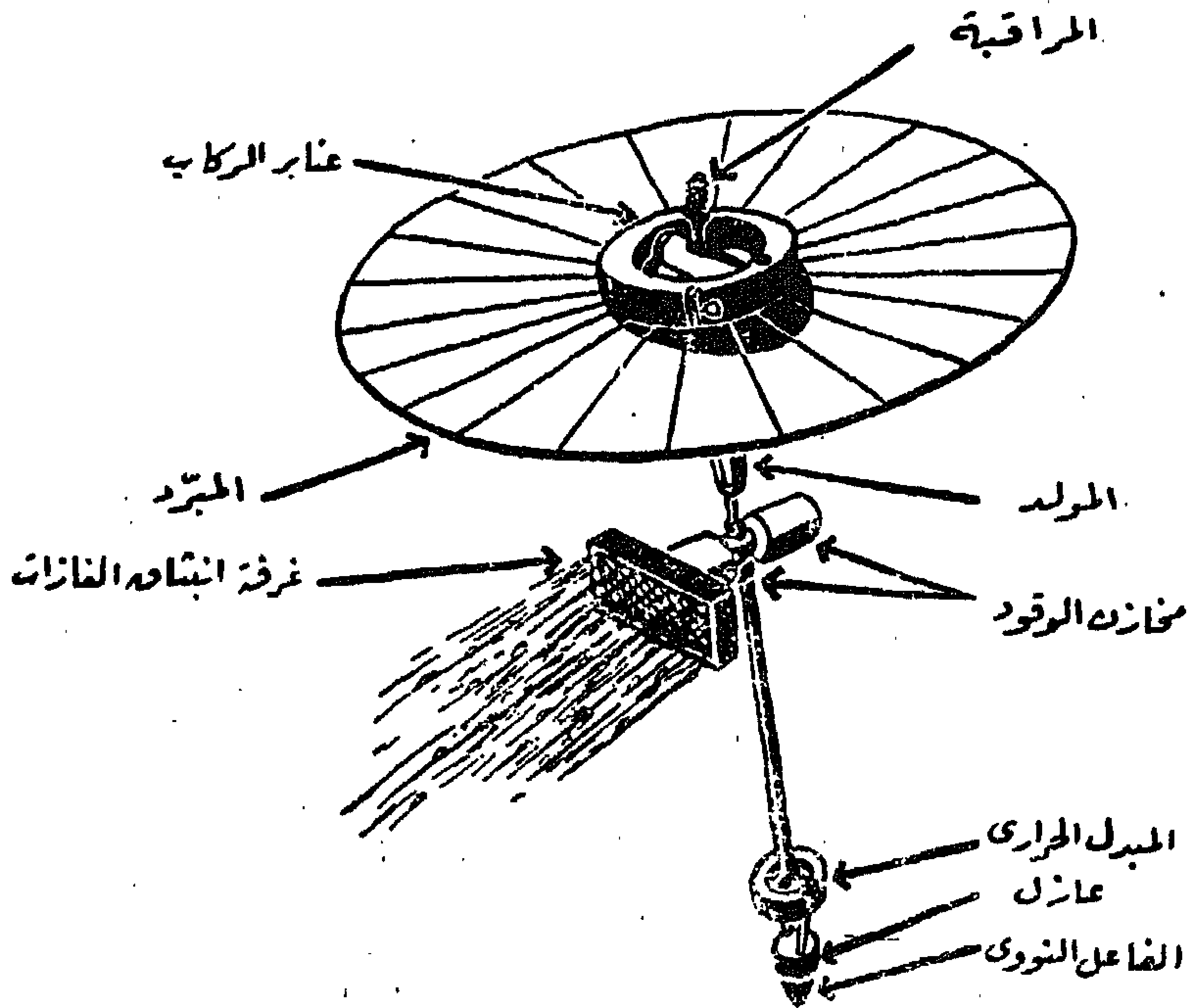
ويقدر وزن هذه السفينة التى تشبه المظلة بنحو ٧٣٠ طناً. ويثبت المفاعل الذرى فى قاعدة العمود حيث يد المظلة تماماً. أما الأجزاء المعدة لإيواء الركاب والملاحين ونومهم فقوامها مجموعة من الغرف الدائرية فى القمة. وهناك حاجز من الرصاص السميك أعلى المفاعل الذرى يحول دون تسرب الإشعاعات الذرية منه إلى الركاب بطريقة مباشرة. وتستخدم الحرارات العالية التى يولدها المفاعل فى تحويل سائل معدنى (من زيت السليكون) إلى غاز أو بخار. ويصعد هذا البخار داخل أنبوبة تجرى على طول عصى المظلة ويستخدم فى تحريك (تربين) أسفل قمة المظلة، ويتصل (بالتربين) مولد كهربى. وهكذا تستخدم الطاقة الذرية فى توليد القوى الكهربية.

وأنت عندما تُمعن النظر فى الشكل المرسوم تجد أن قمة المظلة أشبه شىء بالوعاء الضخم المفرغ.

وعندما يمر البخار فى أطراف هذا الوعاء يبرد ثم يتكاثف سريعاً إلى سائل يتدفق إلى حيث المفاعل الذرى ليعيد الدورة من جديد. ويثبت المحرك النفاث أو المحرك الصاروخى الذى يدفع السفينة فى الفضاء أسفل (التربين)، وهو يختلف عن سائر المحركات العادية.

فبينما تقذف محركات الصواريخ التى تستخدم الوقود الجاف أو السائل كميات وفيرة ومتواصلة من الغازات الساخنة، نجد هذا المحرك بمثابة النافورة أو الينبوع

الذى تنطلق منه بصفة مستمرة جسيمات مشحونة بالكهرباء. ويتكون المحرك من جزأين: فهناك خزان يملأ بمعدن قاعدى مثل السيزيوم، وعند ما يسخن هذا الخزان إلى درجة تكفى لتحويل المعدن إلى بخار، ويسحب البخار إلى غرفة خلال شبكة من البلاتين الساخن، نجد أن بخار السيزيوم هذا يتأين أو يتحول إلى مركّباته الكهربية. ويستخدم التيار الكهربى الذى يولده (التربين) فى إكساب هذه الذرات المشحونة (أو الأيونات) سرعة كبيرة. وهكذا سوف تنطلق سفينة الفضاء لتسبح فى خضم الفراغ الكونى الفسيح باستخدام سيل من الجسيمات المشحونة بالكهرباء.



تعتبر سفينة الفضاء التى صممها الدكتور شتولنجر بمثابة مظلة كبيرة.

وجدير بالذكر أن الطرق الملاحية التى تتبع فى سفن الفضاء الذرية سوف تختلف بعض الشىء عن الطرق التى تستخدم (أو المقترح استخدامها) فى سفن الوقود السائل: فمحرك السفينة الذرية يمكن أن يعمل باستمرار طوال مدة

الرحلة؛ إلا أن السفينة الذرية لن تكتسب سرعتها الكاملة إلا بعد مضى مدة طويلة من ابتداء عمل محركاتها. ولهذا السبب الأخير نجد أن سفن الفضاء الذرية سوف تستغرق فى رحلاتها أزمنة أكبر من غيرها من السفن.

وعند ما تترك سفينة الفضاء الذرية محطة الفضاء التى تقلع منها نجدها تسير أولاً فى مسار لولبى من حول الأرض، وتظل تضيف سرعة إلى سرعتها باستمرار عمل محركاتها حتى تصل هذه السرعة إلى المعدل الذى يكفى لخروجها من قبضة جذب الأرض. والمقدر أنه بعد مضى ساعتين على السفر من محطة الفضاء لا تكون سفينة الفضاء الذرية قد ابتعدت بأكثر من ٣٠ كيلومتراً، ولكن بعد مضى ١٠٠ يوم تقضيها فى الحركة اللولبية المنتظمة تكون قد قطعت نصف المسافة إلى القمر. وبعد هذه الفترة بأيام معدودات تكون سرعتها قد وصلت إلى القدر الذى يكفى للخروج من نطاق جذب الأرض وقبضتها، فتنطلق مسرعة إلى المريخ.

وعندما تقترب السفينة من المريخ وتدنو منه يعمد قائدها إلى تغيير خط سيرها لتدور حول الكوكب كتابع له، ولن يحاول القائد النزول بها إلى سطح الكوكب، فتلك عملية لا سبيل له إليها. وسوف تحمل السفينة معها مركبة صاروخية يدفعها الوقود السائل، تجهز بالأجنحة والمعدات اللازمة للتحليق فى جو المريخ والنزول على سطحه ثم العودة منه إلى السفينة الذرية.

ويكاد خبراء الصواريخ يجمعون على أنه ليس من الحكمة ولا من اللائق أن تنطلق سفينة واحدة من أى نوع من أنواع سفن الفضاء بمفردها إلى المريخ، بل الواجب أن تسير سفينتان معاً على الأقل، وربما خمس أو ست دفعة واحدة. وبهذه الوسيلة يمكن أن تحد من أخطار أسفار الفضاء، ولا تعظم الخسارة إذا ما أصاب سفينة من السفن عطب، أو نزل بها سوء وسط خضم الفضاء.

وعندما تنطلق سفينتان فى الفضاء جنباً إلى جنب يكون من الميسور لركابها التنقل من سفينة إلى أخرى عبر الفضاء بشرط أن يلبسوا حلته، كما أن تسيير أسطول كامل من السفن سوف يمكن مجموعة ضخمة من العلماء والمهندسين من كشف معالم كوكب المريخ.

١٤ - المريخ... ذلك الكوكب الغامض

هل هناك حياة على المريخ؟

هذا هو السؤال الذى حير الفلكيين خلال قرن كامل، فكم من مرة تغيرت نظرتهم إليه كلما جد كشف. وفى أواخر القرن الماضى نادى كثير من علماء الفلك بأن الكوكب تسكنه كائنات حية مفكرة؛ ولكن أغلب الفلكيين اليوم قد نبذوا هذا الرأى وطرحوه جانباً.

وفى كل مرة يقترب فيها المريخ من الأرض يكرس كثير من الفلكيين على الأرض أغلب وقتهم لدراسة هذا الكوكب الغامض. وكما قدمنا يتكرر اقترابه من الأرض مرة كل سنتين وشهرين، فيلمع فى كبد السماء كمصباح متوهج أحمر، ويثير اهتمام الناس حتى أولئك الذين قلما يوجهون أنظارهم إليه. ولقد جمع الفلكيون كثيراً من المعلومات عنه باستخدام المناظير المكبرة وغيرها من المعدات التى تلازمها، إلا أنهم فى هذا العصر يتطلعون بشغف كبير إلى ذلك اليوم الذى فيه ترسو أول سفينة فضاء على سطحه، فهم يؤمنون أن أغلب المسائل التى تتعلق بهذا الكوكب لا سبيل إلى حلها إلا بزيارة فعلية.

ونحن عندما نستعرض نتائج ما توصل إليه الفلكيون باستخدام مناظيرهم المكبرة ومعداتهم المختلفة نجد أن المريخ يبعد عن الشمس بمسافة تعادل ٢٢٧ مليوناً من الكيلومترات على وجه التقريب. ويبلغ قطر الكوكب ٦٧٨٢ كيلومتراً، أى أكبر من نصف قطر الأرض بقليل، وهو يدور حول محوره فى مدة قدرها ٢٤ ساعة و٣٧ دقيقة و٢٢ ثانية، كما يستغرق فى قطع مساره حول الشمس مدة ٦٨٧ يوماً. ومعنى ذلك أن اليوم الواحد فى المريخ لا يزيد إلا قليلاً على اليوم فى الأرض، إلا أن السنة المريخية هى على وجه التقريب ضعف سنة الأرض، وكذلك الحال مع كل فصل من فصول السنة.

ويميل محور الكوكب بالقدر نفسه الذى يميل به محور دوران الأرض تقريباً، أى بزاوية قدرها ٢٣,٥ درجة على وجه التقريب، وكذلك نجد أن قطبيه مسطوحان قليلا كما هى الحال فى قطبى الأرض. ونظراً لصغر حجمه فإن قوة جذبه تعادل ٣٨ فى المائة فقط من قوة جذب الأرض.

وأنت تستطيع أن تتحقق من جمال الكوكب إذا ما أمْعنت النظر فيه خلال منظار فلكى صغير، فهو يبدو فى مجموعه محمراً أو برتقالى اللون على أية حال، وفى وسطه حزام غير منتظم مظلم بعض الشىء يتعرج إلى مناطق لونها ما بين الأزرق والأخضر أو السنجابى. أما الطاقية القطبية الثلجية التى تغطى كلا من القطبين فيمكن تمييزها بسهولة باستخدام أصغر المناظير الفلكية. ولقد اهتم العلماء بدراسة التغيرات الموسمية على المريخ، تلك التغيرات التى أوحت بوجود كائنات حية هناك. فبينما نجد أن المساحات الحمراء اللون قلما تتغير بتغير الفصول على المريخ، تكون التغيرات فى المساحات المظلمة واضحة جلية، كما تخضع لدورات منتظمة على مر العام، وكأنما هى تتبع إلى حد كبير التغيرات التى تطرأ على كل من الطاقيتين القطبيتين. والمعتقد أن المساحات الحمراء اللون عبارة عن صحارى رملية أو صخرية.

فعندما يقترب الربيع فى نصف الكرة الشمالى على المريخ، تبدأ الطاقية القطبية فى الذوبان والاضمحلال شيئاً فشيئاً، وقد ينتهى بها الأمر إلى الاختفاء تماماً، وفى الوقت نفسه تظلم المساحات الخضراء فى نصف الكرة الشمالى وتثير الاهتمام، ويبدأ التغير فى اللون أول الأمر بالقرب من القطب الشمالى ثم يزحف تدريجيا تجاه خط الاستواء. وتظل هذه المساحات محتفظة بلونها طوال الصيف، إلا أنها تبدأ فى التحول إلى اللون البنى خلال الخريف، وفى الوقت نفسه تشرع الطاقية القطبية فى النمو من جديد. وتحدث تغيرات مماثلة فى نصف الكرة الجنوبى، إلا أن شتاء نصف الكرة الشمالى يقابله صيف فى نصف الكرة الجنوبى والعكس بالعكس، كما هى الحال على الأرض.

ومن السهل أن تتخيل وجود زراعة واسعة على المريخ إذا أنت راقبت هذه التغييرات الدورية، وعلى ذلك تجزم بأن المريخ من الكواكب المسكونة. وقد كانت هذه هى الفكرة السائدة فى أواخر القرن التاسع عشر. وبالإضافة إلى تقسيم سطح الكوكب إلى مساحات حمراء وأخرى خضراء يلوح أنه تتوافر عليه علامات أخرى، غير أنه يصعب تمييزها حتى باستخدام أحسن المناظير الفلكية، ولذلك كثر الجدل والنقاش من حولها.

وفى عام ١٨٧٧ أعلن الفلكى الإيطالى ج. ف. شياپا ريلى بأنه استكشف شبكة من الخطوط المستقيمة الخلابة المنظر على سطح المريخ، وأطلق عليها اسم

(كانالى)، وهى اللفظ الإيطالى لكلمة «قنوات»، وحدث أن ترجمت هذه الكلمة فعلاً إلى سائر اللغات على أنها قنوات، أى حملت معنى مجارى المياه الصناعية، فقام الناس وقعدوا فى شتى أرجاء الأرض وازداد اليقين بأن على الكوكب أحياء!

واعتقد الفلكى الأمريكى الجنس پرسيفال لويل أن سطح الكوكب بأسره تغطيه شبكة معقدة من القنوات التى كثيراً ما يتقاطع بعضها مع بعض مكونة ما أطلق عليه اسم (الواحات)؛ وهكذا ساد الاعتقاد بأن تلك القنوات هى من صنع كائن ما يسكن المريخ، ولم يكن من العسير أن يتصور المرء أن أهل المريخ إنما يستخدمونها فى أعمال الرى لتوصيل المياه العذبة الناجمة عن ذوبان ثلوج القطبين إلى مزارعهم وحقولهم.

ومهما يكن من شىء فإن كثيراً من الفلكيين فى تلك الآونة لم يسلموا بتلك الخطوط المستقيمة الجميلة المنظر التى أدعى فريق مشاهدتها على سطح المريخ، ولم يتمخض رصدهم المتواصل للكواكب إلا عن بعض العلامات والرسومات المبهمة.

ويشك أكثر علماء الفلك فى هذا العصر فى أمر قنوات المريخ، برغم أنهم يسلمون بأن هنالك بعض الظواهر التى ترصد على سطحه على أية حال. وحدث أن اقترح بعضهم أن تلك العلامات ماهى فى الواقع إلا آثار مجار مائية قديمة أو قيعان بحيرات جفت منذ زمن سحيق. ويدعى البعض أنها مجرد شقوق فى سطح الكوكب.

وتحمل الدراسات الحديثة على الاعتقاد بأن احتمالات وجود كائنات حية مفكرة على المريخ هو احتمال لا مسوغ له بحال من الأحوال، وأن أقصى ما يمكن أن يوجد هناك هو حياة نباتية فى أبسط صورها.

وتدل دراسات تحليل الطيف ونحوها على أن جو المريخ غير سميك، فقد لا يزيد ارتفاع الغلاف الهوائى هناك على ١٠٠ كيلومتر. وأثبتت البحوث الحديثة أن جو المريخ يحتوى على كمية من بخار الماء تقل فى مجموعها عن ٥ فى المائة من الكمية الموجودة فى جو الأرض. أما غاز الأوكسجين فنسبته أقل من ذلك بكثير، إذ أنها لا تصل إلى $\frac{١}{١٠}$ فى المائة من الأوكسجين الموجود فى جو الأرض، والمعتقد أن كميات غاز ثانى أوكسيد الكربون هناك تعادل ضعف كمياتها فى جو الأرض. ولقد اتضح من البيانات التى أرسلها مسبار الفضاء الذى أرسل إلى المريخ أن كثافة جوه لا تزيد على ١٪ من كثافة جو الأرض،ورصد العلماء نوعين للسحب هناك:

السحب البيضاء التى تسبح فى أعالى جو المريخ، وهى إما أن تكون بلورات ثلجية أو نوعاً من الضباب «الشابورة» المائية الخفيفة، ثم سحباً صفراء اللون فى طبقات الجو الدنيا، وهى غالباً ما تكون سحباً ترابية، أى من الغبار والأتربة التى تثيرها الرياح من الصحارى الحمراء.

وقيست درجات الحرارة على المريخ بأن ألحق بالمناظير نوع من الترمومترات يعمل بالكهربا تقال لها (ترمومترات الازدواج الحرارى). ودلت القياسات على أن درجة الحرارة فى المساحات الخضراء فى أثناء الظهر فى الصيف ترتفع إلى حدود ٣٠ درجة مئوية، إلا أنها تعود فتهبط خلال الليل هبوطاً ذريعاً بسبب خفة الهواء هناك، فتصل إلى ٢٢ درجة عند الغروب، وإلى ١٠١ درجة تحت الصفر عند منتصف الليل، وهى درجة لا تستقيم معها الحياة كما نعلم.

ويدلل الفلكيون على أن الطاقية القطبية فى المريخ ليست حقولاً من الجليد السميك كما هو الشأن على الأرض، وإنما مجرد طبقات رقيقة من الثلج ربما لا يتعدى سمكها أو عمقها ما بين ٥ و ٧,٥ سنتيمتر، من مشاهداتهم لتلك السرعة العجيبة التى تتكون بها الطاقية فى الشتاء وتذوب بها فى الصيف.

ولقد عمد الدكتور جرالد – كبير مدير مرصدى يركس وماك دونالد – إلى دراسة الضوء المنعكس من المساحات الخضراء على سطح المريخ ومقارنته بالضوء المنعكس من سفوح الجبال المزروعة (الخضراء) على الأرض، واستنتج أن نباتات المريخ إنما تتكون فقط من أنواع بدائية مثل الطحالب وأعشاب البحر.

ويشعر فريق كبير من الفلكيين أن المريخ عالم يحتضر لأنه فقد أغلب ما فى جوه من غازى الأوكسجين وبخار الماء، وأنه آخذ فى الجفاف. أما السؤال الحقيقى فهو: هل سبق أن سكن هذا الكوكب كائن مفكر؟ وإذا كان الأمر كذلك فهل بقى على قيد الحياة؟ ويرى البعض أن سكان المريخ ربما يعيشون فى مدن تحت السطح، إلا أن الرد على هذه الأسئلة بطريقة قاطعة سوف يؤجَّل ريثما تحط إحدى سفن الفضاء رحالها على الكوكب الأحمر.

١٥ – المجموعة الشمسية

تضم مجموعة العائلة الشمسية تسعة كواكب هى:

عطارد، وهو أقربها من الشمس، ثم تأتى من بعده الزهرة، فالأرض، فالمريخ، فالمشترى، فزحل، فأورانوس، فنبتون، وأخيراً بلوتو. وهناك فى الفضاء الذى بين المريخ والمشترى أكثر من ألف كوكبة صغيرة تعرف فى مجموعتها باسم الكوكبات؛ ومن المعتقد أنها بقايا كوكب انفجر أو تجزأ لسبب من الأسباب.

ويقسم الفلكيون الكواكب إلى الكواكب الأرضية والكواكب العظمى، ويضم النوع الأول الكواكب الأربعة الأولى، وأطلق عليها هذا الاسم بسبب عظم شبهها بالأرض فى كثير من الوجوه. أما الأربعة الأخرى فهى أكبر بكثير من الأرض، إلا أن حجم بلوتو الذى يلوح أنه يشذ عن المجموعة، يقارب الأرض فى حجمه.

وإذا ما فحصنا هذه الكواكب كوكباً كوكباً مبتدئين بعطارد، نجد أن احتمال الحياة عليها ضئيل فيما عدا المريخ. وقلما يرى الناس عطارد لشدة ملازمته للشمس واختفاء معالمه وسط ضوئها الساطع. وأحياناً يظهر الكوكب منخفضاً جدًّا جهة الغرب فى أثناء الغسق، وقد يظهر منخفضاً جدًّا جهة الشرق عند الشروق أحياناً أخرى. وعطارد أصغر أفراد المجموعة حجماً، فهو لا يكبر قمر الأرض إلا قليلاً، ويبلغ قطره ٤٨٢٨ كيلومتراً، ولا يبعد عن الشمس إلا بمسافة قدرها ٦٤٠ مليوناً من الكيلومترات على وجه التقريب. ويستغرق مدة قدرها ٨٨ يوماً ليكمل دورته حول الشمس، وخلال هذه المدة يكون قد أكمل دورة حول محوره أيضاً. ولهذا السبب يواجه عطارد الشمس بوجه ثابت دائماً كما هو الحال مع القمر بالنسبة إلى الأرض. ولهذا السبب أيضاً نجد أن عطارد هى أسخن الكواكب وأبردها. وتدل القياسات والأرصاد على أن النصف الذى يواجه أشعة الشمس تصل فيه درجة الحرارة إلى ٤١٠ درجة مئوية، وهى تكفى لصهر الرصاص والصفيح والقصدير. أما النصف الثانى المظلم فتنخفض فيه درجة الحرارة إلى ٢٠٥ درجة تحت الصفر. ويلوح أن سطح الكوكب صحراء صخرية،

وهو ليس له جو. وكل هذه الظروف مجتمعة تجعل علماء الفلك يجزمون بعدم إمكان نشوء الحياة عليه. ولقد أوضحت الصور التى التقطها مسبار الفضاء الذى أرسل فى عام ١٩٧٤ إلى الزهرة ماراً بعطارد أن بسطحه فوهات بركانية شبيهة بما فى سطح القمر.

أما الزهرة فهى ألمع الكواكب وأكثرها جمالاً، وعندما تظهر جهة الغرب فى أثناء الغروب يسميها الناس «نجمة المساء»، أما عندما تلمع فى الشرق فإنهم يسمونها «نجمة الصباح». وحجمها قدر حجم الأرض تقريباً، إذ يبلغ قطرها ١٢٣٩٠ كيلومتراً. وتبعد عن الشمس بمسافة متوسطها ١٠٨ مليوناً من الكيلومترات على وجه التقريب، كما تستغرق ٢٢٥ يوماً من أيام الأرض لتتم دورة كاملة من حول الشمس. ولا تبعد الزهرة كثيراً عن الأرض بالنسبة لأبعاد الكواكب الأخرى، إذ لا يزيد بعدها عنا أكثر من ٤٢ مليوناً من الكيلومترات. وقد تحملك هذه الحقيقة على الاعتقاد بأن اهتمام العلماء الزائد بالمريخ أمر لا مسوغ له، وأن الزهرة تجئ فى المرتبة الأولى، إلا أن دراسات الزهرة أشد غموضاً وأكثر تعقيداً، إذ تحجب سطحها عنا سحب سميكة تحول دون إمكان رؤية أى شىء على السطح لدرجة أنه تعذر على الفلكيين رصد المدة التى يتم فيها الكوكب دورة كاملة حول محوره، والمعتقد أن هذه المدة تتراوح بين أسبوعين وثلاثة أسابيع. ولقد أرسل مسبارا الفضاء اللذان أرسلا إلى الزهرة فى عام ١٩٧٥ صوراً تليفزيونية لسطح الزهرة، فتبين أنه صخرى وأن جوها يتكون أساساً من ثانى أكسيد الكربون.

وليس من السهل أن نفسر لك طبيعة أو سر تكوين تلك السحب ما دام جو الزهرة لا يحتوى على بخار الماء. وتدعى إحدى النظريات بأن أشعة الشمس فوق البنفسجية عملت على اتحاد بخار الماء مع ثانى أكسيد الكربون وتكوين الفورمالديهايد. وتستخدم هذه المادة على الأرض فى صناعة البلاستيك، ولهذا فنحن إذا ما سلمنا بصحة هذه النظرية نصل إلى أن سحب الزهرة من مادة البلاستيك! أما من حيث درجات الحرارة على سطح الكوكب فإن جمهرة الفلكيين يعتقدون بأنها أعلى من درجة غليان الماء، أى لا تستقيم معها الحياة بحال.

وقبل أن نصل إلى عمالقة الكواكب نمر بالأرض (الكوكب الثالث فى

المجموعة) ثم بالمريخ (الكوكب الرابع)، ثم يأتى المشترى، وهو الأخ الأكبر فى المجموعة كلها؛ إذ يبلغ قطره نحو ١٣٩٥٠٠ كيلومتر، ويبدو المشترى خلال المناظير الفلكية جميلاً رائعاً، كقرص من الذهب عليه خطوط أو أحزمة مضيئة وغير مضيئة. فحزام المنطقة الاستوائية من المناطق المضيئة، التى يتدرج لونها من الأصفر الباهت إلى الأحمر الغامق، ويحيط بها من الشمال ومن الجنوب أحزمة مظلمة نسبيا يتدرج لونها من البنى المحمر إلى الأزرق المعتم وهكذا... ويختلف منظر هذه الأحزمة من عام إلى آخر، كما قد تظهر على سطح الكوكب بعض الظواهر الخاصة من آن إلى آخر. ففى عام ١٨٧٨ ظهرت بقعة حمراء عظمى أخذت تتلاشى على التدريج إلا أنه يمكن تمييزها حتى وقتنا هذا باستخدام المناظير الفلكية الكبيرة، ويجزم الفلكيون بأن المشترى يختلف تماماً عن الأرض وباقى الكواكب الأرضية: ففى وسط الكوكب مادة صخرية فى صورة كرة قطرها ٦٤ ألف كيلو متر، تغطيها طبقات من الجليد سمكها ٣٢ ألف كيلو متر، ولا تزيد درجة حرارتها على ١٢٨ درجة مئوية تحت الصفر. وينتشر فوق طبقة الجليد هذه غاز الأيدروجين، مكوناً جزءاً من جو المشترى تسبح فيه سحب النوشادر (أمونيا) و(الميثين) أو غاز المستنقعات، ونحن نستطيع أن نرصد الأجزاء العليا لهذه السحب. ويذهب الفلكيون أيضاً إلى أن ظروف زحل وأورانوس ونبتون لا تختلف عن ذلك كثيراً.

ولقد أرسل صاروخ مسبار فضائى إلى المشترى فى عام ١٩٧٣ فبلغه بعد رحلة استمرت ثمانية عشر شهراً، وأرسل صوراً تليفزيونية لسطحه الذى بدا ككرة ضخمة مزينة بأشرطة صفراء برتقالية وزرقاء رمادية، وبه بقعة برتقالية حمراء ساطعة تسع عدة كرات أرضية وأكدت الصور أن للمشترى أحزمة إشعاعية شديدة تفوق فى شدتها حزام (فان ألن) الأرضى بآلاف المرات.

أما بلوتو الصغير فهو أبعد أفراد المجموعة الشمسية عن الشمس، ولبعده عنا لا نعرف عنه إلا النذر اليسير، ولكن الشىء الذى لا شك فيه أنه لا تصله من طاقة الشمس المقادير الكافية لرفع درجة حرارته، ولذلك فهو قطعاً أبرد من أن تعيش عليه الأحياء.

١٦ - نحو الطريق اللبنى*

عندما تنظر إلى السماء فى ليلة صافية والقمر فى المحاق تظهر لك النجوم متكدسة كأنها لا نهائية العدد، إلا أن الواقع غير ذلك، فأنت فى أى مكان من سطح الأرض تستطيع بالعين المجردة أن تعد نحو ٢٠٠٠ نجم، ويزداد هذا العدد كثيراً إذا ما نظرت خلال منظار مكبر من أى نوع. ويبدو الطريق اللبنى للناظر بالعين المجردة كمجرى أو عرق فضى ينساب عبر السماء؛ ولكن المناظير الفلكية تبين أنه يتكون من آلاف آلاف النجوم.

وكلما كبرت قوة المنظار الذى نوجهه إلى السماء ازداد عدد النجوم التى نراها، فالمناظير الكبيرة - مثل منظار ٢٥٠ سنتيمتر بماونت ولسون والخمسة أمتار فى بالومار ماونتين - ترينا ملايين النجوم. ونحن نعرف الآن أن كل نجمٍ عبارة عن كرة عظيمة من الغازات العالية الحرارة تتوهج على غرار شمسنا تماماً. فكل نجم هو فى الواقع شمس من الشموس، وبمعنى أصح ليست شمسنا إلا نجماً من النجوم تسبح من حوله الأرض التى نعيش عليها، وهذا النجم هو واحد من مائة بليون نجم تنتشر فى الفضاء على هيئة ساعة جيب غير سميكة هى مجرتنا، والسبب الذى يجعلك ترى النجوم تتكدس فى الطريق اللبنى الضيق أنك عندما ترسل بصرك على طول هذا الطريق يكون النظر مرسلاً إلى أعماق المجرة أيضاً، أى على أطول قطر فيها وليس على أطرافها أو مجرد سطحها مثلاً.

والآن لنتساءل: ماهى الفرص التى يمكن أن تتاح لسفننا عندما تجوب الفضاء وتمر بالمشترى وعمالقة الكواكب ثم تبتعد عن بلوتو الصغير وتخرج من حدود مجموعتنا الشمسية؟ وللإجابة على هذا السؤال يلزمنا أن نعرف شيئاً عن الأبعاد والمسافات داخل مجرتنا: ولعلك تذكر أن القمر يبعد عنا بمسافة قدرها ٤٠٠ ألف كيلومتر، والشمس تبعد عنا بمقدار ١٥٠ مليون كيلومتر، أما الكوكب بلوتو فهو يبعد عنا بمسافة تزيد على ٥,٦ بلايين من الكيلومترات. ويمكنك أن ترى كيف تتضاعف المسافات، فقد استخدمنا فى تقدير البعد الأول آلاف الكيلومترات، وفى

---

* يسميه العرب أيضاً طريق التبانة، لشبه بينه وبين الطريق الذى يتناثر عليه التبن.

تقدير البعد الثانى ملايين الكيلو مترات، ثم استخدمنا فى تقدير البعد الثالث بلايين الكيلومترات. ولكى نقيس المسافات إلى النجوم يتحتم علينا أن نستخدم ترليونات الكيلومترات، فأقرب النجوم إلينا إنما يبعد عنا بمسافة قدرها ٤٠ ترليون كيلومتر.

ويستخدم الفلكيون فى قياس أبعاد المجرة وحدة يقال لها السنة الضوئية، والمراد بها المسافة التى تقطعها حزمة من الضوء فى عام كامل. فإذا عرفت أن سرعة الضوء هى ٣٠٠ ألف كيلومتر فى الثانية الواحدة، تجد أن السنة الضوئية تعادل ٩,٦ ترليونات، ويكون أقرب النجوم إلينا على بعد ٤ ١/٣ سنوات ضوئية. وهناك من النجوم ما تبلغ أبعادها عنا عشرات السنين الضوئية، كما أن منها ما تبلغ أبعادها عنا مئات السنين الضوئية. وأكثر من نصف عدد النجوم التى نبصرها بالعين المجردة يوجد على أبعاد تزيد على ٤٠٠ سنة ضوئية. وتوجد أبعد نجوم الطريق اللبنى على بعد ١٠٠ ألف سنة ضوئية.

ولعلك تتبين الآن معنى السفر خارج نطاق المجموعة الشمسية؛ فحتى إذا أتيح لنا الانطلاق بسرعة الضوء - ٣٠٠ ألف كيلومتر فى الثانية الواحدة - تستغرق الرحلة إلى أقرب نجم منا زهاء ٤ ١/٣ سنوات، وهو نجم فى نصف الكرة الجنوبى يقال له قنطورس. وربما تعرف بعض النجوم اللامعة، فإن أشدها لمعاناً سيريس، وهو يبعد عنا بمسافة قدرها على وجه التقريب ٨ ١/٢ سنوات ضوئية، ومعنى ذلك أنه يكون على سفينة الفضاء التى تنطلق بسرعة الضوء أن تستغرق ثمانية أعوام ونصف عام لتصل إلى ذلك النجم.

ولكن لا يمكن أن ينطلق جسم بسرعة الضوء. وهذه من حقائق الكون وخصائصه التى أماط اللثام عنها لأول مرة ألبرت أينشتين فى نظرية النسبية، وبرغم هذا ربما يجئ اليوم الذى تبنى فيه سفن الفضاء التى تنطلق بسرعة تقارب سرعة الضوء، أو ما يعادل نحو ٩٩,٩ فى المائة منها على الأكثر؛ إلا أن الحصول على مثل هذه السرعة إنما يتطلب استهلاك كميات لا حد لها من الطاقة والوقود، وهو لا يتوافر اليوم على أية حال.

وعندما نتحرك بسرعة تقارب سرعة الضوء يحدث أمر عجيب نبهتنا إليه نظرية النسبية لأينشتين أيضاً: فهى تقول أن قياسنا للوقت يتوقف على مقدار السرعة التى نتحرك بها، فكلما ازدادت السرعة التى ننطلق بها أبطأت ساعاتنا!

ولا قيمة لهذه الظاهرة على الأرض، لأن أقصى سرعة نستطيع أن نتحرك بها لا تعتبر شيئاً إذا ما قورنت بسرعة الضوء. أما فى سفن الفضاء التى تنطلق بسرعة تقارب سرعة الضوء تظهر هذه الحقيقة واضحة جلية، فقد تعادل ساعة واحدة على السفينة مدة قدرها ١٠٠ عام على الأرض.

ويبقى الآن أن نتساءل: ماذا يحدث لنا إذاً فى مثل هذه الحالات؟ أيزداد عمرنا ساعة واحدة، أم هو يزداد ١٠٠ عام؟ ويرى العلماء أننا سوف نهرم ساعة واحدة فقط، وعلة ذلك أن كل ذرة تدخل فى بناء أجسامنا هى بدورها آلة يمكن أن تستخدم فى تقدير الوقت (ساعة)، لأن الكتروناتها تدور حول النواة كما تدور عقارب الساعة حول المحور سواء بسواء. وعلى ذلك فإن كل الذرات التى تتركب منها أجسامنا سوف تبطئ كما تبطئ الساعة، وكذلك يفعل كل عضو من الأعضاء. وفى الفترة التى تتناول فيها عشاءك داخل سفينة الفضاء تكون الأرض قد أكملت ١٠٠ دورة حول الشمس، أى يكون قد مضى على من فيها قرن كامل !!!

وبطبيعة الحال لن تتمكن سفن الفضاء من الاقتراب من أى نجم من النجوم لشدة الحرارة، وخصوصاً أن من النجوم ما ترتفع درجة الحرارة على سطحه بمقادير أكبر من ارتفاعها على سطح الشمس التى نعيش فى كنفها. وقد يكون لبعض النجوم توابع من الكواكب السيارة على غرار عائلة المجموعة الشمسية. ونحن إذا ما افترضنا أن من بين كل مليون نجم يوجد واحد له توابع، نجد أن فى مجرتنا مالا يقل عن ١٠٠ ألف مجموعة شمسية. ويؤمن بعض علماء الفلك أن فى هذه المجموعات كواكب تسكنها كائنات حية مفكرة. وعلى أية حال فإن مجرتنا هى جزء صغير من الكون؛ إذ تتعدد المجرات كلما خرجنا إلى الفضاء الفسيح المترامى الأطراف، ومنها ما يطلق عليه الفلكيون اسم المجرات الخارجية للسديم الحلزونى.

ولما كانت أقرب المجرات إلينا تبعد عنا بمسافة يقطعها الضوء فى مليون سنة، فإنه يتضح لنا أن سفن الفضاء مهما بلغت من الدقة والسرعة لن تمكن البشر من ارتياد سوى جانب صغير ومحدود من هذا الكون الفسيح. ومهما يكن من شىء فليس لنا أن نتنبأ من الآن بمستقبل أسفار الفضاء، فإن أول طائرة – بناها أخوان

رايت عام ١٩٠٣ – لم تتمكن من البقاء فى الجو أكثر من دقيقة عندما حلقت لأول مرة، وكذلك مكث صاروخ جودارد الذى استخدم فيه الوقود السائل ثانيتين ونصف ثانية. ولقد أطلق أول قمر صناعى عام ١٩٥٧، وذلك هو فقط ابتداء عصر الفضاء.

رقم الإيداع	١٩٩٢ / ٥٥١٣
الترقيم الدولى 977 - 02 - 3743 - 4	ISBN

١ / ٩٢ / ١٨٨

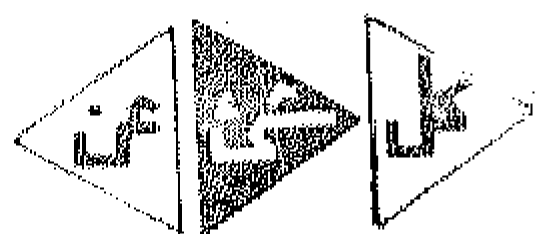
طبع بمطابع دار المعارف (ج.م.ع.)

هذا الكتاب

عند ما بدأ القمر الروسى يدور حول الأرض ، عرف الناس أن عصر الفضاء قد بدأ ، وأن الخطوة التالية هى إطلاق صاروخ إلى القمر ، فكيف استطاع العلماء أن يطلقوا قمراً صناعياً ، يستقر فى مدار ويدور حول الأرض فى دقة تماثل الدقة التى تدور بها ساعة كهربية ؟

إن القمر يبعد عنا بمسافة تقدر بمائتين وأربعين ألفاً من الأميال ، كما يختلف البعد إلى المريخ من ستة وثلاثين إلى اثنين وستين مليوناً من الأميال . فكيف نتوقع أن يقطع إنسان هذه المسافات الهائلة ثم يعود ليقص علينا ما رأى ؟

مثل هذه الأسئلة — وكثير غيرها — يجيب عنها كتاب « كل شىء عن الأقمار الصناعية وسفن الفضاء » الذى تبين الرسوم والخرائط التوضيحية والصور التى به أجزاء مختلف الصواريخ ومناظر حية لأشهرها فى العصر الحديث فالكتاب إذن قصة محبوكة الأطراف للتطور العلمى والعجائب التى سوف تتحقق فى عصر غزو الفضاء .



١ — الراديو والتليفزيون
٢ — الصحراء
٣ — النجوم
٤ — الأقمار الصناعية وسفن الفضاء
٥ — الجو وتقلباته
٦ — دنيا الحشرات
٧ — جسم الانسان
٨ — الطيــور
٩ — المنطقتان المتجمدتان
١٠ — البراكين والزلازل
١١ — الغريب فى عالم الحيوان
١٢ — الكهرباء
١٣ — الحيتان
١٤ — مجموعة من أشهر المخترعين ومخترعاتهم
١٥ — البحــــر
١٦ — الأنهار العظيمة فى العالم
١٧ — بعض البعثات العلمية الشهيرة
١٨ — الفراشات وأبو دقيق
١٩ — الصخور المتغيرة
٢٠ — الثعابيــن
٢١ — انسان ما قبل التاريخ
٢٢ — الوحوش الغريبة فى الماضى
٢٣ — الأدغــــال